



Ella Huovinen

VALON VÄLKKYMISEN ONGELMAT KUVATTAESSA VIDEOILLE YHDYSVALLOISSA

Miksi valo välkkyi käytettäessä PAL-asetuksia NTSC-alueella ja kuinka sen voi estää?

VALON VÄLKKYMISEN ONGELMAT KUVATTAESSA VIDEOLE YHDYSVALLOISSA

Miksi valo välkkyä käytettäessä PAL-asetuksia NTSC-alueella ja kuinka sen voi estää?

Ella Huovinen
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Viestinnän koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Viestinnän koulutusohjelma, kuvallisen viestinnän suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Ella Huovinen

Opinnäytetyön nimi: Valon välkkymisen ongelmat kuvattaessa videolle
Yhdysvalloissa – Miksi valo välkkyi käytettäessä PAL-asetuksia NTSC-alueella
ja kuinka sen voi estää?

Työn ohjaaja: Heikki Timonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2013

Sivumäärä: 48

Tein opinnäytetyön produktio-osana kuvausmatkan Yhdysvaltoihin. Kun käytin eurooppalaisia PAL-asetuksia Yhdysvalloissa, NTSC-alueella, videokamerassa katulamppujen valo välkkyi videokuvassa. Tutkielmassani halusin selvittää, miksi keinovalo välkkyi videokamerassa NTSC-alueella PAL-asetuksia käytettäessä sekä pystyykö NTSC-alueella kuvaamaan PAL-asetuksilla ilman, että valo välkkyi.

Käytin pääasiallisena tietoperustanani teoreettista tutkimusta. Lähdekirjallisuutena käytin audiovisuaalisen alan lähdekirjallisuutta sekä Internetiä. Teoriapohjan rakennuttua tutkin myös tuloksia empiirisesti järjestelmäkamerallani.

Sain selville, että NTSC-alueella voi kuvata PAL-asetuksilla valitsemalla joko oikean suljinnopeuden tai käyttämällä tiettyä kuvanopeutta. Se, miksi valo välkkyi NTSC-alueella käytettäessä PAL-asetuksia, johtuu siitä, että näiden alueiden sähkön vaihtovirran virkistystaajuus on erilainen. Valitun kuvanopeuden tai suljinnopeuden on oltava kuvattavan alueen sähkön virkistystaajuuden kanssa samalla aaltoilunopeudella tai muuten välkkymistä esiintyy.

Kansainvälisten välimatkojen pienentyessä halpalentoyhtiöiden tarjoamien lentojen vuoksi ei ole enää epätavanomaista, että opiskelijat lähtevät yhä useammin suorittamaan projektejaan ulkomaille. Euroopan lisäksi Yhdysvallat on yksi kohde. NTSC-alueelle mentäessä on hyvä tietää, miten valon välkkymisen voi estää mikäli PAL-asetuksia halutaan käyttää.

Asiasanat:

videokuvaus, valon välkkyminen, PAL, NTSC, virkistystaajuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Communication, Visual Communication

Author: Ella Huovinen

Title of thesis:

Flickering lights. Why lights flicker in videocamera with PAL settings in NTSC area and how can it be stopped?

Supervisor: Heikki Timonen

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2013

Number of pages: 48

As a part of this thesis project I worked as a camerawoman in a documentary filmed in the United States. When using European PAL settings in a camera using NTSC settings in the United States the street lights cause flickering. In this thesis reasons for this flickering will be investigated and found out if one can film in NTSC area with PAL settings without the flicker.

Theoretical research methods were mainly used: books in audiovisual field and Internet as the resources. After having gathered a fair knowledge base results were tested empirically with my DSLR camera.

It was found out that artificial light flickers when using PAL settings in NTSC area due to different refresh rate frequencies in electricity. One can film with PAL settings in NTSC area if either the film speed or shutter speed is set in accordance with NTSC area's electric frequency.

As international distances grow shorter with cheap airline fares it is not unconventional for students to carry out their projects abroad. Europe being a traditional destination to travel, there are students going farther to places such as the United States. While traveling from Europe to North America, from PAL area to NTSC area, it is important to know which settings to use. Especially if the end product is designed for European markets which uses PAL, it would be more effective to film with PAL settings.

Keywords:

filming, flickering, PAL, NTSC, frequency

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 TIETOPERUSTA JA KESKEISET KÄSITTEET.....	8
2.1 Videokuva.....	9
2.1.1 Mitä on videokuva?.....	9
2.1.1.1 Liikkuvan kuvan määrittely.....	9
2.1.1.2 Illuusio liikkeestä.....	10
2.1.2 Miten kuva muodostuu kamerassa?.....	10
2.1.2.1 ISO-arvo, himmentimen aukko ja suljinnopeus.....	11
2.1.2.2 Suljin valokuva- ja videokamerassa.....	13
2.1.2.3 Videokameran kuvien valottaminen.....	14
2.1.2.4 180 asteen sulkimen sääntö.....	15
2.2 Sähkö ja lamput.....	16
2.2.1 Sähkön historiaa.....	16
2.2.2 Vaihtovirran toimintamekanismi ja sen seuraukset lampuissa.....	18
2.2.3 Erot sähkössä Yhdysvalloissa ja Euroopassa.....	19
2.2.4 Erilaiset lamput ja välkkyminen.....	20
2.3 Televisio.....	21
2.3.1 Toimintaperiaate.....	22
2.3.2 Analoginen ja digitaalinen televisio.....	22
2.3.3 Virkistystaajuus.....	23
2.3.4 Lomitus.....	23
2.3.5 Kuvanopeus.....	25
2.3.6 Yhdysvaltojen kuvanopeudet tarkemmin.....	25
2.3.7 Värikoodaus eli PAL- ja NTSC-järjestelmät.....	26
2.3.8 Skannausalue ja resoluutio.....	27
2.3.9 PAL- ja NTSC-määrittely nykyään.....	28
2.4 Keinovalon välkkyminen ja videokameran asetukset.....	29
3 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT.....	34
4 ANALYYSI.....	35
5 POHDINTA.....	39
LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

Tein opinnäytetyön produktio-osana kuvausmatkan Yhdysvaltoihin. Lähdin kuvaamaan rockhenkistä dokumenttia kahden muun opiskelijan kanssa. Toimin ryhmässä kuvaajana. Otimme kaluston Suomesta, ja mukana meillä oli kaksi kameraa, Sony XDCAM EX1 ja Canon 5D MII. Saavuttuamme Yhdysvaltoihin kameroiden asetuksissa oli valittuna eurooppalainen PAL-asetus kuvanopeuden ollessa 24 kuvaa sekunnissa. Kuvaustyylinä käytin progressiivista kuvanesitystekniikkaa teräväpiirtolaadulla.

Väärät, toisella mantereelle suunnatut asetukset videokameroissa, kuten eurooppalainen PAL-asetus Yhdysvalloissa, jossa käytössä on NTSC-standardi, voivat esimerkiksi aiheuttaa valon välkkymistä videokuvassa. Siksi on olennaista, että asetukset ovat oikein siirryttäessä mantereelta toiselle. PAL- ja NTSC-lyhenteet pitävät sisällään joukon ominaisuuksia, jotka poikkeavat toisistaan. Niihin kuuluu esimerkiksi tietyt kuvanopeudet.

Yhdysvalloissa valon välkkyminen tulee siitä, että siellä lamppujen sähkö toimii 60 hertsin virkistystaajuudella siinä missä Suomessa virkistystaajuus on 50 hertsia. Valon välkkymisen saa varmimmin vältettyä käyttämällä kullakin alueella käytössä olevia asetuksia, jotka ottavat nämä virkistystaajuudet huomioon. Tässä tapauksessa Yhdysvalloissa tulisi käyttää NTSC-asetuksia ja Suomessa PAL-asetuksia. Olin tietoinen väärrien asetusten aiheuttamasta mahdollisesta valon välkkymisestä Yhdysvaltoihin saavuttaessa, mutta ennen matkaa olin huomannut Sonyn videokamerassa olevan Flicker Reduce-asetuksen, jonka oletin ratkaisevan ongelman, sillä sähkönsyöttötaajuuden Sonystä saattoi valita olevan joko 50 Hz tai 60 Hz.

Saavuttuamme Yhdysvaltoihin ja lähtiessämme kuvaamaan heti ensimmäisenä iltana kuvituskuvaa huomasin kuitenkin, että Flicker Reduce -asetus ei toiminut kuten olin sen ajatellut toimivan. Katulamppujen valo välkkyi asetuksesta huolimatta, ja jouduin vaihtamaan kameroidemme asetukset NTSC:ksi, millä sain poistettua välkkymisen. Kuvanopeuden pidin valinnassa 24 k/s, vaikka tyypilli-

semmät kuvanopeudet NTSC-alueella ovat 30 tai 60 k/s. PAL-asetukselle tyypilliset kuvanopeudet ovat 25 ja 50 k/s. Nämä neljä jälkimmäistä kuvanopeutta on suunnattu televisiota varten. Kuvanopeus 24 k/s on elokuville tyypillisin kuvanopeus. Valitsin tämän kuvanopeuden tyyllisistä.

Käytännössä katsoen materiaalin kuvaaminen Yhdysvalloille tyypillisillä asetuksilla ei aiheuta juurikaan ongelmia editoinnissa, sillä editointiohjelmat pystyvät käsittelemään kumpaakin materiaalia. Mahdollisia ongelmia voi tulla siinä tilanteessa, kun NTSC-asetuksilla kuvattua materiaalia halutaan suunnata PAL-alueen televisiolähetysiin. Tämä ei kuitenkaan koskenut meitä, sillä videoidemme jakelukanavana oli Internet. Ainut harmillinen seikka PAL-asetuksen vaihtamisessa NTSC-asetukselle on se, että PAL-asetuksien väriavaruus on hieman teknisesti parempi kuin Yhdysvalloissa olevan NTSC-asetuksien vastaava ominaisuus. Tämän takia olisin halunnut pysyä PAL-asetuksissa mikäli mahdollista. Keinovalojen välkkyminen kuitenkin esti PAL-asetuksien käyttämisen.

En ajatellut asiaa kummemmin, mutta kuvauksien jälkeen satuin törmäämään Blain Brownin kirjaan Motion Picture and Video Lighting (2008), jossa Brown käsittelee valon välkkymistä kameran eri asetuksilla. Kiinnostuin asiasta enemmän ja päätin tutkia asiaa tarkemmin. Pystyisikö eurooppalaisilla asetuksilla kuvaamaan Yhdysvalloissa ilman, että valon välkkymistä tapahtuisi? Mistä tarkemmin on kyse valon välkkymisestä videokuvauksessa?

Tarkoitukseni on tutkielmassani selvittää, miksi keinotekoinen valo välkkyi videokuvassa, kun kuvataan PAL-värijärjestelmällä Yhdysvalloissa, mitkä asiat vaikuttavat välkkymiseen, miten sen pystyy estämään ja onko mahdollista kuvata PAL-värijärjestelmällä Yhdysvalloissa. Käyn myös lyhyesti läpi, mitä eroja on eurooppalaisella PAL- ja yhdysvaltalaisella NTSC-asetuksilla on.

2 TIETOPERUSTA JA KESKEISET KÄSITTEET

Blain Brown toteaa kirjassaan Motion Picture and Video Lighting, että valon välkkymiseen videokamerassa vaikuttavat käytettävä kameran kuvanopeus, sulki-
men kulma sekä sähkön virkistystaajuus. Hän toteaa, että valon välkkymi-
nen pystytään estämään seuraavilla arvoilla:

- 50 Hz – 25 k/s millä tahansa sulki-
men kulmalla
- 50 Hz – 24 k/s 170-175 asteen sulki-
men kulmalla
- 60 Hz – 24 k/s 144-180 asteen sulki-
men kulmalla

(Brown 2008, 24.)

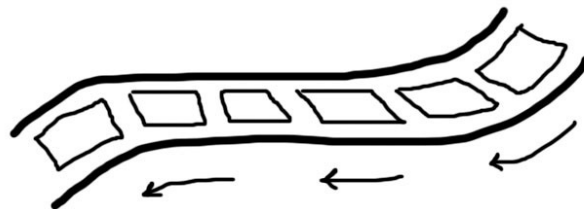
Jotta pystyisimme ymmärtämään yllä olevia käsitteitä ja vastaamaan kysymyk-
siin, miksi nämä arvot estävät välkkymisen ja selvittämään, miksi keinovalot
välkkyivät kuvatessamme Yhdysvalloissa PAL-asetuksilla ja pystyykö PAL-ase-
tuksilla kuvaamaan Yhdysvalloissa, on ensin tutustuttava kyseisiin käsitteisiin
tarkemmin. Käyn ensin läpi videokuvan muodostumisen kameraan, sen jälkeen
tutkin sähköä sekä lamppeja ja lopuksi käsittelen televisiostandardien ominai-
suuksia.

2.1 Videokuva

2.1.1 Mitä on videokuva?

Videokuva on sarja liikkuvia kuvia (Howe 2010, hakupäivä 22.8.2013). Oxford Dictionary määrittelee videokuvan olevan ”liikkuvien kuvien tallenne, kopio tai lähetys”, ”liikkuvien kuvien tallenne, joka on tehty digitaalisesti tai videonauhalle” (Oxford University Press 2013, hakupäivä 14.7.2013).

2.1.1.1 Liikkuvan kuvan määrittely



KUVA 1. Liikkuva kuva on sarja pysäytyskuvia

Liikkuva kuva on sarja kuvia (kuva 1), joita näytetään peräkkäin niin, että näistä yksittäisistä pysähtyneistä kuvista muodostuu liikettä (Farlex, Inc. 2013, hakupäivä 22.8.2013). Macmillan Dictionary määrittelee substantiivin 'moving picture' eli liikkuvan kuvan filmiksi ja fraasin 'the moving image' elokuvaksi, televisioksi, videoksi ja niin edelleen (Macmillan Publishers Limited 2013a, hakupäivä 30.6.2013; Macmillan Publishers Limited 2013b, hakupäivä 30.6.2013). Cambridge Dictionary puolestaan määrittelee filmin ”sarjaksi liikkuvia kuvia, joita yleensä näytetään elokuvateattereissa tai televisiossa ja jotka yleensä kertovat tarinan” (Cambridge University Press 2013, hakupäivä 30.6.2013).

2.1.1.2 Illuusio liikkeestä

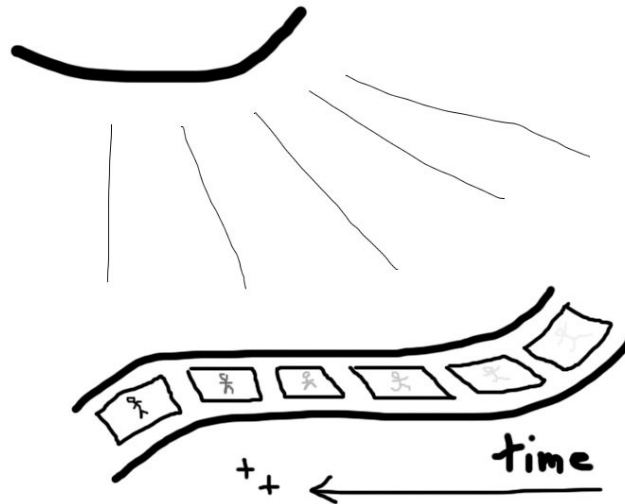
Illuusio liikkeestä muodostuu, kun kuvia näytetään tietyllä nopeudella (Farlex, Inc. 2013, hakupäivä 22.8.2013). Jotta peräkkäisestä sarjasta pysäytyskuvia saataisiin liikkuva kuva, on tämä kuvasarja näytettävä katsojalle tarpeeksi suurella kuvanopeudella, jotta illuusio liikkuvasta kuvasta muodostuisi. Mikäli kuvia näytetään liian hitaasti, ei illuusiota synny vaan tuloksena on selvästi sarja yksittäisiä kuvia, jotka näytetään toinen toistensa jälkeen.

Kuvanopeus määritellään tietyinä määrinä kuvia, jotka näytetään peräkkäin yhden sekunnin aikana (MobileBurn.com & MAS Media Inc. 2013, hakupäivä 30.6.2013). Elokuvan alkuaikoina kokeiltiin eri kuvanopeuksia ja tekniikan hie-
man kehittyessä sekä äänielokuvien mukaan tullessa 1900-luvun alun jälkeen päädyttiin vieläkin filmikuvauksessa standardina olevaan 24 kuvan kuvanopeuteen sekunnissa. Tämä oli alhaisin kuvanopeus, jolla ääni pystyttiin tallentamaan mukaan kuvaan ja jolla ihminen tulkitsi kuvat yhtenäiseksi liikkeeksi. (Romano 2012, hakupäivä 22.8.2013.) Nykytutkimuksen mukaan ihmissilmä pystyy erottamaan jopa 60 kuvaa sekunnissa (Preston 2011, hakupäivä 30.6.2013). Filmin kalleuden vuoksi päädyttiin kuitenkin käyttämään alhaisinta nopeutta, jolla illuusio liikkuvasta kuvasta saatiin aikaiseksi (TK nr. 14 200, hakupäivä 10.1.2013).

2.1.2 Miten kuva muodostuu kamerassa?

Kuva muodostuu kun kameran valoherkkä filmi tai kenno altistetaan valolle (kuva 2). Syntyy reaktio, jonka avulla kuva muodostuu tallennettavaan kohteeseen (Berger 2008, hakupäivä 20.8.2013; Haslego 2010, hakupäivä 20.8.2013).

Merriam-Websterin sanakirja määrittelee kuvan (image) olevan ”optisen välineen (kuten linssin tai peilin) tai elektronisen välineen avulla luotu optinen objektin vastine” tai ”jonkin asian visuaalinen vastine kuten (1): valokuvaukselliselle materiaalille tuotettu kohteen vastine tai (2): kuva, joka on tuotettu elektroniselle näytölle (esimerkiksi televisio- tai tietokoneruudulle)” (Merriam-Webster, Incorporated 2013, hakupäivä 30.6.2013).



KUVA 2. Kuva muodostuu filmille valon vaikutuksesta

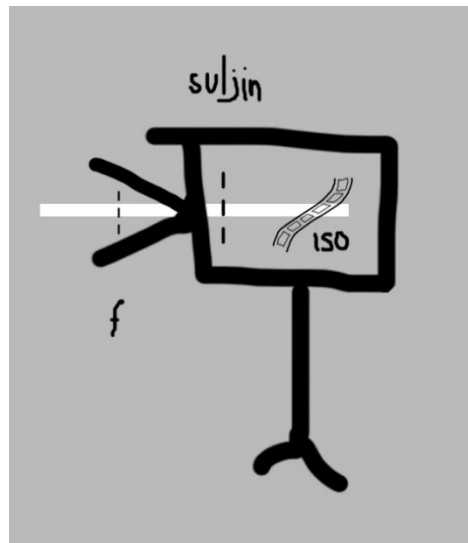
Video- ja valokuvauksessa kuvan aikaansaamisessa tärkein elementti on valo. Valokuvauksessa kuva syntyy valon osuessa joko filmille, tai digitaalisten kameroiden ollessa kyseessä, kuvasensorille (McClelland & Eismann 2002, 9). Syntyy joko kemiallinen tai digitaalinen reaktio, jossa kuva piirtyy tallennettavaan kohteeseen valon määrän ja laadun mukaan. Kuva siis valottuu. Kuvan valottuminen voidaan määritellä olevan ”prosessi, jonka avulla valo päästetään valoherkälle materiaalille ja joka paljastaa piilevän kuvan” (Exposure Guide 2013, hakupäivä 14.7.2013).

2.1.2.1 ISO-arvo, himmentimen aukko ja suljinnopeus

Siihen, miten kuva piirtyy kohteeseensa, vaikuttaa kennon tai filmin herkkyys, kuvauksessa käytetty himmentimen aukko ja suljinnopeus (Exposure Guide 2013, hakupäivä 7.1.2013). Mikäli jokin näistä kolmesta asiasta ei ole kohdallaan, ei kuva valotu oikein. Seurauksena voi olla esimerkiksi liian pimeä kuva.

Filmin tai kuvasensorin herkkyys tarkoittaa, sitä kuinka herkästi filmi tai kuvasensori reagoi valoon ennen kuin kuva alkaa piirtyä tallennettavaan välineeseen. Mikäli filmi tai kuvasensori on herkkää, tarkoittaa se, että se tarvitsee vähän valoa reaktion aikaansaamiseen. Herkkyys merkitään ISO- tai ASA-arvolla. ISO tulee sanoista International Standards Organisation (Cantine, Howard &

Lewis 2000, 167), ASA sanoista American Standards Association. Eroa arvoilla ei ole (Rowse 2012, hakupäivä 20.8.2013).

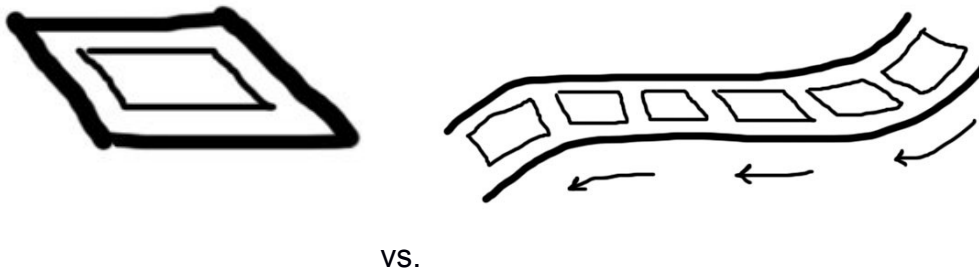


KUVA 3. Kameran osat

Himmentimen aukko (englanniksi aperture) säätelee saapuvan valon määrää linssissä. Mikäli aukko on suuri, pääsee kuvaan paljon valoa ja kuvan muodostuminen on nopeampaa. Himmentimen aukko merkitään kirjaimella f (kuva 3). (Jacobson, Ray, Attridge & Axford 2006, 131.)

Sulkimen nopeus vaikuttaa siihen, kuinka pitkään kameran rungossa oleva sulkimen aukko on auki valolle, ja näin ollen se säätelee myös tulevan valon määrää. Analogisissa (eli ei-digitaalisissa) kameroissa suljin on rungossa oleva mekaaninen laite, jonka tehtävänä on avautua ja sulkeutua luotettavasti suljinnopeutta vastaavan ajan, jotta valo pääsisi muodostamaan kuvan tallennettavalle medialle. Digitaalisen ajan myötä mekaaninen suljin on poistunut kokonaan ja sama työ tapahtuu digitaalisesti kameran kuvasensorilla (Burley 2009, hakupäivä 4.1.2013). Vaikka sulkimen tekniikka eroaa analogisissa ja digitaalisissa kameroissa, pysyy toimintaperiaate (valon päästäminen tasaisesti tallennettavalle medialle suljinnopeuden määräämän ajan) samana. Suljinnopeus ilmoitetaan sekunnin murto-osina, esimerkiksi $1/50$ kertoo, että valotus on viideskymmenesosa sekunnista (Leofoo 2000, hakupäivä 7.1.2013).

2.1.2.2 Suljin valokuva- ja videokamerassa



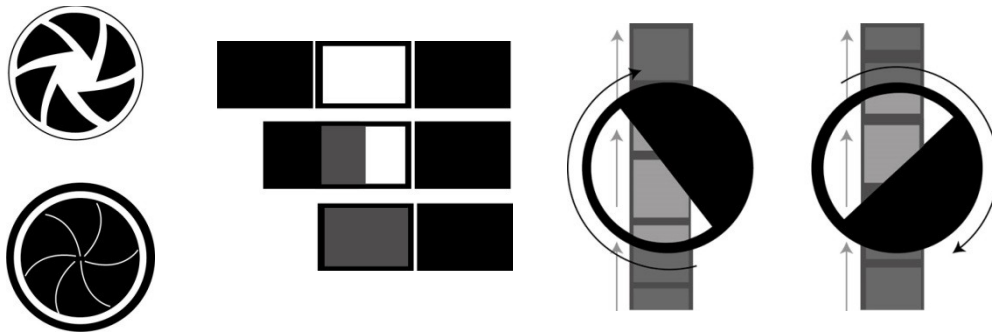
KUVA 4. Valokuvakameran yksi valotettava kuva verrattuna videokameran sarjaan liikkuvia kuvia

Suljintekniikka on erilainen valokuva- ja videokameroissa, sillä siinä missä valokuvauksessa valotetaan vain yksi pysähtynyt kuva (frame) kerrallaan joudutaan videokamerassa valottamaan sarjaa koko ajan liikkuvia kuvia (kuva 4). Filmillä on siis videokuvauksessa kuvanopeus. Kuvanopeus merkitään lyhenteellä k/s, kuvaa sekunnissa, joka kertoo, kuinka monta kuvaa ehtii sekunnissa liikkua sulkimen ohi (fps, frames per second).

Valokuvakamerassa sulkimia on kahta tyyppiä. Keskussuljin (between-lens shutter) sijaitsee lähempänä himmentimen aukkoa ja on muodoltaan ympyrämainen. Valo pääsee sisään avautuvan ympyrän välistä. Verhosuljin (focal plane shutter) on taas kameran rungossa ja päästää valon sisään kahden neliömäisen ”verhon” välistä (kuva 5). (Jacobson ym. 2006, 131, 133.) Nämä sulkimet toimivat hyvin tilanteessa, jossa valotetaan liikkumatonta filmiä. Sekä ympyrämaisittain että verhojen kaihtimien tavoin sulkeutuva suljin on kuitenkin liian hidas ja kömpelö antamaan tarpeeksi valoa filmille, joka liikkuu koko ajan. Tästä syystä suljin on erilainen videokuvauksessa.

Videokuvauksessa sulkimen pitää pystyä koko ajan valottamaan sekä sulkimen kohdalla olevaa kuvaa (frame) että suojaamaan sulkimesta poistuvaa, jo valotettua, kuvaa. Tästä syystä valokuvakameroissa käytetyt sulkimet on korvattu videokameroissa pyörivällä sulkimella. Yksinkertaisin tapa luoda pyörivä suljin

on tehdä siitä ympyrän muotoinen ja poistaa ympyrästä pieni pala, jonka kohdalla valo pääsee tallennettavaan mediaan (Ascher & Pincus 1999, 48.) Videokameroissa suljin pyörii siis itsensä ympäri ympyrää ja on koko ajan liikkeessä.



KUVA 5. Sulkimet. Ensimmäisenä keskussuljin, keskellä verhosuljin ja oikeassa laidassa videokameran pyörivä suljin.

Sulkimen nimi tulee sulkimen ympyrän muodosta – täyden ympyrän astemäärä on 360. Kun tästä täydestä ympyrästä otetaan pois se pala, jonka aikana filmi paljastetaan valolle, saadaan videokamerassa käytetyn sulkimen nimi. Jäljelle jäävä kulma (eli se kohta, joka on ”aukinainen” valolle) kertoo sulkimen nimen. Täten 180°:n suljin on puoliympyrän muotoinen, sillä puoliympyrän kulman astemäärä on 180. Tämä 180°:n suljin (eli kiinteäsektorinen 180°:n sektorisuljin) on yleisin suljintyyppi. Toinen suljintyyppi on säädettävä (sektori-)suljin, jossa sulkimen astetta voidaan säätää (Elokuvantaju 2013, hakupäivä 4.1.2013.)

2.1.2.3 Videokameran kuvien valottaminen

Videokamerassa filmin yksi kuva (frame) pitää saada valotettua suljinnopeuden määräämällä ajalla, aivan kuten valokuvauksessa.

Videokameran suljinaika ei vastaa valokuvakameran valotusaikaa. Videokameran suljinaika on yhteydessä sulkimen kulmaan eli siihen, miten suuri osa pyörivästä sulkimesta (miten suuri kulma) on auki valolle ja siihen, kuinka nopeasti valotettavat kuvat liikkuvat avonaisen sulkimen ohi (eli mikä on kuvanopeus).

Koska kuvanopeus on jo yleensä ennalta valittu ja vakio, lasketaan suljinnopeus kuvanopeuden pohjalta.

Suljinaika lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{Suljinaika} = (\text{kuvanopeus} \times 360) / \text{sulkimen kulma}$$

Kaavasta on myös laskettavissa sulkimen kulma, mikäli suljinaika on tiedossa, seuraavasti:

$$\text{Sulkimen kulma} = (\text{k/s} \times 360) / \text{suljinaika}$$

(Jeppsen 2007, hakupäivä 20.8.2013.)

2.1.2.4 180 asteen sulkimen sääntö

Yleisin käytettävä sulkimen kulma on 180 astetta. Tämä johtuu siitä, että kyseistä kulmaa käytettäessä videokuvaan tulee normaalina havaittava liike-epäterävyys. 180 asteen sulkimen säännön mukaan suljinajan tulisi olla relatiivinen kameran kuvanopeuteen (Dawson 2010, hakupäivä 22.8.2013.)

Mikäli suljinnopeus on liian alhainen, on tuloksena unimainen videokuva, jossa liikkeen epäterävyys hallitsee kuvaa. Liian nopea suljinnopeus luo taas hyvin vähän epäterävyyttä, jolloin kuvassa oleva liike näyttää tökkivältä. Näitä tehosteita voi tietenkin käyttää taiteellisina ratkaisuin, mutta jos haetaan ihmissilmälle ”normaalista” tulosta, tulisi 180 asteen suljinta käyttää.

Huomioitavaa tässä on, että kuvanopeuden aiheuttama liike-epäterävyys ja oikean suljinajan aiheuttama liike-epäterävyys ovat kaksi eri asiaa. Kuvanopeuden ollessa liian hidas tuloksena on sarja valokuvia näytettyinä toinen toisensa jälkeen. Kuvanopeuden ollessa liian nopea on kyseessä liike, jota on vaikea seurata. Kuvanopeuksista 'filmimäinen' lopputulos saadaan käyttämällä alhaisempia kuvanopeuksia, kuten pitkään standardeina ollutta 24 kuvaa sekunnissa tai television vastaavia arvoja 25 ja 30. Dokumenttimaisempi, ”realistisempi”, lopputulos saadaan käyttämällä suurempia kuvanopeuksia 48, 50 ja 60 k/s (Ro-

mano 2012, hakupäivä 22.8.2013).

2.2 Sähkö ja lamput



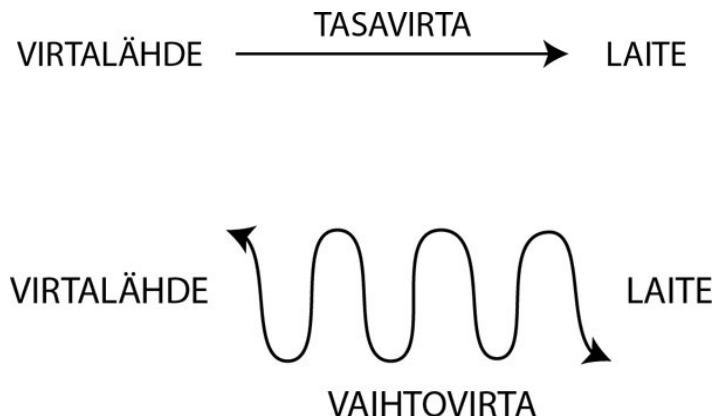
KUVA 6. Sähkön historialla on merkittävä osa keinovalon synnyssä

2.2.1 Sähkön historiaa

Nykyisten lamppujen historia alkaa 1800-luvun loppupuolelta tasa- ja vaihtovirran keksimisen myötä, ja koska sähköllä on keinovalon (kuva 6) lampun toimimisen kannalta merkittävä osa, on syytä käsitellä lyhyesti sähkön historiaa.

Thomas Edison keksi tasavirran (direct current, dc) 1880-luvulla Yhdysvalloissa (Lowe 2013. hakupäivä 10.1.2013). Tasavirrassa sähkön elektronit siirtyvät negatiivisesta navasta suoraan positiiviseen napaan ja sähkön suunta on suora, sähkö ei vaihda suuntaa. Tasavirta tuottaa tasaista sähköä, sähkön saanti ei vaihtelee (kuva 7). Nykyään tasavirtaa saadaan pattereista, mutta on myös muitakin tasavirran lähteitä, kuten esimerkiksi generaattorit (Brown 2008, 149). Useissa laitteissa, esimerkiksi elektronisissa laitteissa, on käytössä tasavirtamuunnin, jolloin laite ottaa sähkön vaihtovirrasta, mutta kääntää sen laitteille turvallisemmaksi tasavirraksi (Bain 2009, hakupäivä 10.1.2013). Tasavirran ongelma on sen energiatehottomuus – tasavirta tarvitsee paljon tasaista energiaa sähkön tuottamiseen eikä kestä jännitteen muutoksia, joita tapahtuu kun välimatka sähkölaitoksesta kasvaa. Sähkönjakeluverkossa tämä tarkoittaisi, että sähkölaitoksia pitäisi olla muutamien kilometrien välein tuottamassa tarvittava

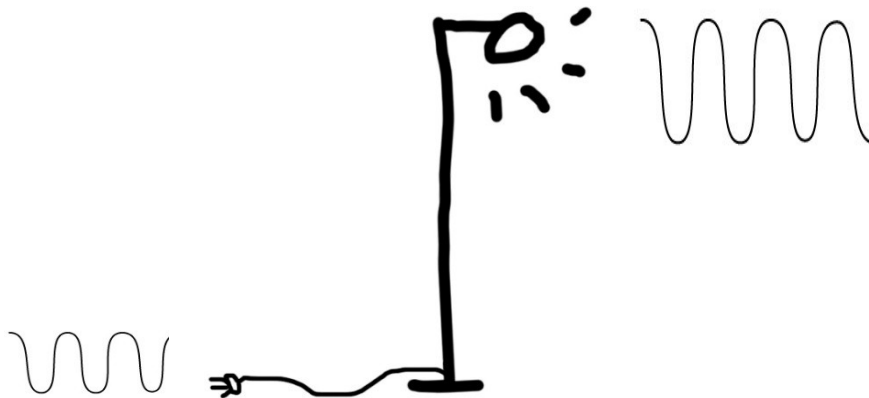
energia (Vujovick 1998, hakupäivä 8.1.2013.)



KUVA 7. Tasa- ja vaihtovirran elektronien virran suunta ja tapa liikkua

Sähkönjakelussa tasavirrasta aiheutuvan hukkatuotannon ongelman ratkaisuksi muodostui saman vuosikymmenen lopulla Nikolas Teslan vaihtovirta (alternate current, ac). Vaihtovirrassa sähkön suunta on vaihteleva ja sähkö aaltoilee edestakaisin negatiivisesta navasta positiiviseen. Vaihtovirta kestää jännitteen (Englanniksi jännite on voltage. Jännitteen yksikkö on voltti, V.) muutoksia ja sen kuljetus on helppoa pitkillä matkoilla, joten se on myös energiatehokkaampaa (Vujovick 1998, hakupäivä 8.1.2013.) Tästä johtuen vaihtovirta korvasi tasavirran pääasiallisena sähköjärjestelmänä 1900-luvulle tultaessa (National Academy of Engineering 2013, hakupäivä 9.6.2013). Vaihtovirta on siis juurikin sitä sähköä, joka tulee pistorasioista. Lamput käyttävät pääasiallisesti vaihtovirtaa (Bain 2009, hakupäivä 10.1.2013).

2.2.2 Vaihtovirran toimintamekanismi ja sen seuraukset lamputissa



KUVA 8. Hehkulampun valon syttyminen ja sammuminen on suhteessa sähkön virkistystaajuuteen

Vaihtovirrassa sähkö, eli tarkemmin sanottuna sähkön elektronit, aaltoilevat jatkuvasti edestakaisin negatiivisesta navasta positiiviseen. Aaltoilua tapahtuu sekunnissa tietty määrä. Sähkön taajuus (englanniksi frequency), jonka yksikkö on hertsi, Hz kertoo aaltoiluvälin, virkistystaajuuden, eli sen, kuinka monta "aaltoilusykliä" sähkö tekee sekunnissa (Frequency 2012,. hakupäivä 13.1.2013).

Aaltoilu tapahtuu seuraavasti: Sähkön elektronit suuntaavat ensin yhteen suuntaan niin kauan kunnes sähkön jännite saavuttaa oman maksiarvonsa. Sen jälkeen jännite putoaa nolleen, suunta vaihtuu ja jännite jatkaa nousuaan kunnes taas saavuttaa maksimiarvon ja suunta vaihtuu (Lowe 2013, hakupäivä 10.1.2013). Jännitteen pudotessa nolleen sähkön saanti myös hetkellisesti lakkaa. Lamputissa tämä tarkoittaa konkreettisesti sitä, että ne menevät pois päältä pieneksi hetkeksi ennen kuin jännite palaa takaisin (kuva 8). Lamppu välkkyi.

Ihmissilmä ei tätä kuitenkaan yleensä huomaa, sillä aikaväli on mitättömän pieni. Tekniset laitteet, kuten videokamerat, ovat herkempiä ja saattavat rekisteröidä välkkymisen. Elektroniset laitteet ovat yleensä optimoituja vaihtovirrassa tapahtuvalle sähkön vaihtelulle, joten videokamerassa valon välkkymistä ei nor-

maalisti näy. Ongelma tulee kuitenkin esiin, kun siirrytään yhdestä, tiettyä sähköstandardia käyttävästä alueesta, toiseen. Tässä tapauksessa esimerkiksi kun siirtyminen tapahtuu Euroopasta Yhdysvaltoihin.

2.2.3 Erot sähkössä Yhdysvalloissa ja Euroopassa

TAULUKKO 1. Eri maiden sähkö- ja värijärjestelmiä (Canon Oy 2013, hakupäivä 13.1.2013).

Maa/alue	Verkkovirta		Värijärjestelmä
	Jännite	Taajuus	
Australia	240/250 V	50 Hz	PAL
Etelä-Afrikka	220/230/250 V	50 Hz	PAL
Intia	220/230/240 V	50 Hz	PAL
Iso-Britannia	240 V	50 Hz	PAL
Japani	100 V	50/60 Hz	NTSC
Kanada	120/240 V	60 Hz	NTSC
Kiina	110/220 V	50 Hz	PAL
Korea	110/220 V	60 Hz	NTSC
Ranska	127/220/230 V	50 Hz	SECAM
Saksa	220/230 V	50 Hz	PAL
Suomi	220/230 V	50 Hz	PAL
Thaimaa	220/240 V	50 Hz	PAL
Uusi-Seelanti	220/240 V	50 Hz	PAL
Venäjä	127/220 V	50 Hz	SECAM
Yhdysvallat	120 V	60 Hz	NTSC

Vaihtovirta keksittiin Yhdysvalloissa 1800-luvun lopussa, ja 1900-luvulle tultaessa energiatehokkaasta vaihtovirrasta oli tullut pääasiallinen sähköstandardi (Vujovick 1998, hakupäivä 8.1.2013). Luodessaan vaihtovirran Nikolas Tesla päätyi käyttämään sähkössään 60 hertsin virkistystaajuutta sekä totesi, että hehku-lamppujen päälle saamiseksi hehkulangan lämpenemiseen tarvittavan jännitteen määrän tuli olla välillä 110 ja 130 voltia. Sähkön taajuus määräytyi siitä,

että 60 Hz oli pienin mahdollinen taajuus, jolla katuvalojen välkkyminen saatiin lopetettua (Pasman 2010, hakupäivä 3.1.2013). Näin Yhdysvaltojen sähkön taajuus on 60 Hz ja jännite 120 V (taulukko 1) (Canon Oy 2013, hakupäivä 13.1.2013).

Euroopassa käytetyn 50 Hz:n taajuuden syntymekanismi on hämärän peitossa, mutta sen uskotaan liittyvän siihen, että taajuus haluttiin integroida Euroopan metrijärjestelmään. Volttimäärässä Euroopassa päädyttiin ensin 127 volttiin, joka myöhemmin muutettiin 220 ja taas 230 voltiksi. Sähkön taajuutta pystyttiin laskemaan, sillä jännitteen nostamisella saavutettiin sama energiamäärä (Pasman, 2010, hakupäivä 3.1.2013.) Nykyään sähkön jännite vaihtelee Euroopan alueella 127 voltista 230 volttiin, mutta yleisin jännite on 230 voltia (Canon Oy 2013, hakupäivä 13.1.2013).

2.2.4 Erilaiset lamput ja välkkyminen

Eri lamput toimivat eri tavalla. Yleisimpiä käytössä olevia lampputyppejä ovat hehkulamput (incandescent lamp), halogeenilamput (halogen lamp), loistelamput ja energiasäästö- eli pienloistelamput (fluorescent lamp, compact fluorescent lamp, CFL) sekä LED-valot (Motiva Oy 2013a, hakupäivä 22.8.2013). Hehkulamput ovat vanhimpia lampputyppejä, ja ne ovat poistumassa markkinoilta kokonaan. Niiden korvaajina seuraavat halogeeni-, loiste- ja energiasäästölamput sekä LED-valot (Motiva Oy 2013b, hakupäivä 22.8.2013). Näistä lampuista alttiimpia sähkön virkistystaajuuksille ovat hehku- ja halogeenilamput, sillä ne ottavat energiansa suoraan vaihtovirrasta (Notohamiprodjo 2013, hakupäivä 22.8.2013). Lampuissa oleva hehkulanka lämpenee sähkövarauksen saavuttua ja muodostaa näin valoa (Motiva Oy 2013a, hakupäivä 22.8.2013).

Loisteputkilamput ja LED-valot toimivat joko vaihto- tai tasavirralla. Tasavirralla toimiessa, esimerkiksi akkukäyttöisissä valoissa, ei ongelmaa yleensä välkkymisen kanssa ole, sillä vaihtovirran aiheuttamaa sähkön aaltoilua ei synny. Valon himmentäminen saattaa kuitenkin aiheuttaa välkkymistä myös akkukäyttöisissä valoissa (Broderick 2013, hakupäivä 22.8.2013). Vaihtovirtaan kytkettäessä vanhanmallisissa loisteputkilampuissa tai huonolaatuisissa LED-valoissa voi

välkkymistä olla lampun ollessa suoraan yhteydessä sähkön virkistystaajuuteen. Huonolaatuiset LED-valot saattavat myös välkkyä akuillakin käytettyinä (Notohamiproj 2013, hakupäivä 22.8.2013).

Energiasäästölamppuissa, uusissa loisteputkissa tai parempilaatuisissa LED-valoissa virkistystaajuus on kuitenkin korkeampi uudemmasta tekniikasta johtuen. Ne sisältävät yleensä elektronisen ballastin, joka mahdollistaa korkeamman virkistystaajuuden (Hartman 2010, hakupäivä 22.8.2013; Leone 2013, hakupäivä 22.8.2013). Nämä lamput eivät aiheuta välkkymistä normaaleilla kuvanopeuksilla, mutta ylinopeudella kuvattaessa ongelmia saattaa ilmetä (Red.com, Inc. 2013, hakupäivä 22.8.2013).

Flicker Free Tutorial Video -sivun mukaan monet keinovalot välkkyvät kaksi kertaa nopeammin kuin voimanlähteensä. Yleisin lampputyyppi, joka tekee näin, on keinovalo, mutta myös hehkulamput saattavat olla tälle alttiita. Tämän johdosta 50 Hz:n alueella lampun valon aaltoiluväli voi normaalisti olla 100 sykäystä sekunnissa, 60 Hz:n alueella aaltoiluväli voi olla 120 sykäystä sekunnissa (Art 2009, hakupäivä 22.8.2013.)

2.3 Televisio



KUVA 9. Televisio toimii myös sähköllä

Kuten lamppujen myös televisioiden (kuva 9) toiminta nojaa vahvasti vallalla oleviin sähköjärjestelmiin. Videokameran asetukset taas nojaavat television

asetuksiin. Televisio ja televisiolähetys koostuvat eri ominaisuuksista. Näitä ovat muun muassa virkistystaajuus, lomitukset, kuvanopeus, skannausalue, resoluutio ja värikoodaus. Suurin osa näistä ominaisuuksista on riippuvaisia siitä, missä maanosassa ollaan. Käsittelyn seuraavassa televisiolle tyypillisiä ominaisuuksia.

2.3.1 Toimintaperiaate

Yksinkertaisuudessaan television toimintaperiaate on seuraavanlainen: kuvasignaali eli aaltoileva elektronisäde, josta televisiolähetys muodostuu, saapuu televisioon sähköjohtojen välityksellä. Televisio tulkitsee saapuvan kuvasignaalin, purkaa sen ja lähettää sen televisioruudulle. Elektronisäde etenee televisioruudulla vasemmalta oikealle ylhäältä alas. Yhtä horisontaaliruutua kutsutaan kentäksi (field). Televisioruutu muodostuu tietyistä määrästä toistensa päällä olevista horisontaalisista kentistä. Television pintakerros lukee television ruudulle lähetettyä sädettä. Pintakerros sisältää fosforipäällysteen, joka reagoi säteeseen hehkumalla sitä mukaan kun säde osuu siihen. Televisiolähetyksen kuva muodostuu tästä säteilystä (Millerson 1999, 29 – 30.)

2.3.2 Analoginen ja digitaalinen televisio

Nykyään televisiot voidaan jakaa joko vanhoihin analogisiin tai uusiin digitaalisiin televisioihin. Analogisuus tarkoittaa ei-digitaalisuutta. Analogiset televisiot ovat 'alkuperäisiä' televisioita, jotka käyttävät hyväkseen vakio- eli standardipiiritekniikkaa. Televisiolähetykset lähetetään ja luetaan analogisesti elektronisäteiden avulla (Miller 2009, hakupäivä 10.8.2013.)

Digitaaliset televisiossa taas lähetys vastaanotetaan ja luetaan täysin digitaalisesti janoina 0- ja 1-bittejä ja nämä janat yhdistettyinä muodostavat kuvan. Riippuen digitaalisesta televisiosta se joko lukee standardipiirtolähetystyyppejä, tai mikäli kyseessä on uudempi televisio, uudempia teräväpiirtolähetystyyppejä. Teräväpiirtolähetykset lähetetään ja luetaan bitteinä (Torres 2013, hakupäivä 10.8.2013.)

Nykyään digitaaliset televisiot ovat yleisimpiä ja analogiset televisiot alkavat jää-

dä historiaan. Käsittelen kuitenkin myös analogisille televisioille ominaisia asioita, kuten lomitusta, sen takia, että suurimmat osat myös digitaalisten televisioiden ja videokameroiden asetuksista perustuvat analogisten televisioiden asetuksiin (Silva 2013, hakupäivä 10.1.2013).

2.3.3 Virkistystaajuus

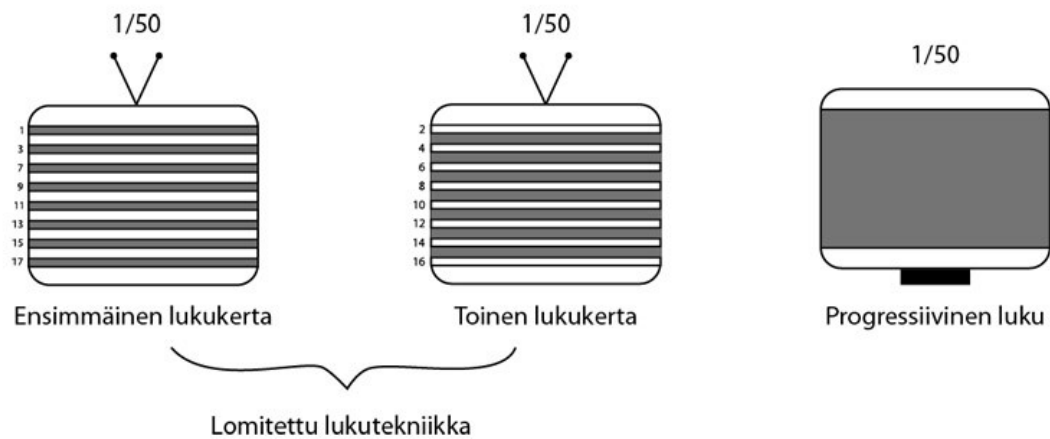
Televisiolähetys muodostuu siis kuvasignaalista, jonka televisio vastaanottaa, purkaa ja lukee. Se, kuinka nopeasti televisio lukee saapuvaa signaalia, kertoo siis television virkistystaajuuden. Television ruudun virkistystaajuus on suoraan yhteydessä sähköön elektronien aaltoiluväliin (Pulera 2009, hakupäivä 10.1.2013). Yhdysvalloissa sähköön, ja näin ollen myös television, virkistystaajuus on 60 Hz. Televisiossa siis tapahtuu videosignaalin aaltoilua 60 kertaa sekunnissa. Euroopassa sähköön taajuus on 50 Hz ja näin ollen eurooppalaisten televisioiden virkistystaajuus on myös 50 Hz.

2.3.4 Lomitus

Kuten aikaisemmin on todettu, television ruudun kuva muodostuu, kun televisio skannaa eli lukee sen ruudulle saapuvaa videosignaalia. Signaalia luetaan tiettyin väliajoin. Nämä signaalin lukukerrat sekunnissa ovat Yhdysvalloissa 60 ja Euroopassa 50 kertaa sekunnissa. Lukukerrat perustuvat televisioruudun virkistystaajuuksien arvoihin.

Kun vanhat televisioruudut muodostavat kuvan saapuvasta signaalista, tekevät ne sen kahdesta signaalista. Ensin saapuvat joko parittomat tai parilliset kentät ja seuraavassa osassa jäljelle jääneet. Toisin sanoen vanha televisioruutu tarvitsee kuvan muodostamiseen kaksi lukukertaa (kuva 10). (Ascher & Pincus 1999, 17 – 18.) Tällaiseen metodiin päädyttiin televisiolähetystä luotaessa, koska se vei vähemmän kaistanleveyttä, sillä yhteen lukukertaan sisältyi vähemmän kuvainformaatiota, puolet kokonaisesta kuvasta (Millerson 1999, 29). Tätä tekniikkaa, jossa kuvan muodostamiseen tarvittiin kaksi lukukertaa, kutsutaan interleisatukseksi, lomitetuksi (interlaced, merkitään i) kuvaksi. Yksinkertaistettuna: jos katsot 50i materiaalia, näet puolikkaan kuvan joka 1/50 sekunti ja täyden kuvan

joka 1/25 sekunti (Romano 2012, hakupäivä 22.8.2013). Lomitettua kuvaustyyliä käyttäen videokuva muistuttaa enemmän dokumenttimaisempaa, kotivideo-maisempaa, kuvaa (Isaac 2013, hakupäivä 22.8.2013).



KUVA 10. Lomitettu ja lomittamaton kuvanlukutekniikka

On olemassa myös toisenlainen lukutekniikka, progressiivinen (progressive, merkitään p), lomittamaton lukutekniikka. Progressiivinen eli digitaalinen, saapuva kuvasignaali lähetetään kokonaisena ja se myös luetaan järjestyksessä ylhäältä alas. Tämäntyylinen 'kokonainen' lukutekniikka tarvitsee yhden lukukerran takia enemmän kanavaa kuin lomitettu kuva, jossa puolet kuvainformaatiosta lähetetään ensimmäisellä ja toinen puolikas kuvainformaatiota toisella lähetyksellä (Romano 2012, hakupäivä 22.8.2013.) Progressiivinen materiaali muistuttaa enemmän filmille kuvattua materiaalia, koska siinä ei ole lomitusta. Digitaaliset näyttöjen skannaustapa on aina progressiivinen. (Apple Inc. 2013b, hakupäivä 22.8.2013).

Vanhat analogiset televisiot eivät osaa lukea progressiivinen materiaalia vaan se on aina muutettava interleisatuksi eli lomitetuksi (Trappe 2013, hakupäivä 22.8.2013). Nykytelevisioissa progressiivinen lukutekniikka on kuitenkin yleistynyt teknisen kehityksen mahdollistamana, ja teräväpiirtolähetyksen myötä lomitettu kuva alkaa olla historiaa.

2.3.5 Kuvanopeus

Koska televisio virkistää itseään joko 50 Hz:n tai 60 Hz:n välein, on saapuvan kuvasignaalin oltava myös suhteessa näihin taajuuksiin, jotta kuva havaittaisiin kokonaisuutena kuvana eikä välkkyvinä signaaleina. Liikkuva kuva oli saatu filmille jo ennen television aikakautta ja tällöin oli kokeilemalla selvinnyt, että alhaisin kuvanopeus, jolla ääni saatiin mukaan ja liike havaittiin normaalina liikkeenä eikä sarjoina kuvia, oli 24 kuvaa sekunnissa (TK nr. 14 2001, hakupäivä 10.1.2013). Filmin nopeus ei kuitenkaan käynyt muuntamatta yksiin uuden teknisen laitteen, television, kanssa, vaan aiheutti kuvan välkkymisen ruudulla. Television varten oli luotava uudet kuvanopeudet (Romano 2012, hakupäivä 22.8.2013).

Mikäli liikkuva kuvaa haluttiin katsoa uusissa televisiossa, tuli kuvanopeuden tämän seurauksena olla suhteessa television virkistystaajuuksiin eli jaollinen joko luvulla 50 tai 60 riippuen siitä, missä maassa televisiota katsottiin (TK nr. 14 2001, hakupäivä 10.1.2013). Lomitettu lukuprosessi yhdessä sähköisen virkistystaajuuden kanssa tarkoitti, että yhden televisiokuvan (frame) muodostamiseen tarvittiin puolet käytettävästä virkistysajasta. Yhdysvalloissa televisioruudun videosignaalin lukukertojen ollessa 60 kenttää sekunnissa, yhden kuvan (frame) muodostamiseen tarvittiin 30 lukukertaa sekunnissa. Euroopassa yhden kuvan muodostamiseen tarvittiin 25 lukukertaa sekunnissa, videosignaalin lukukertojen ollessa 50 kenttää sekunnissa (Ascher & Pincus 199, 18). Tästä johtuen televisio lukee 50 tai 60 lomitettua kuvaa ja 25 tai 30 kokonaista kuvaa sekunnissa riippuen siitä, missä maanosassa ollaan (Axis Communications AB 2013, hakupäivä 10.8.2013).

Television myötä syntyivät uudet kuvanopeudet 25 ja 50 Eurooppaan sekä 30 ja 60 Yhdysvaltoihin. Näin ollen Euroopassa yleisimmät televisiolähetysten kuvanopeudet ovat vieläkin 25 sekä 50 k/s ja Yhdysvalloissa 30 ja 60 k/s.

2.3.6 Yhdysvaltojen kuvanopeudet tarkemmin

Yhdysvalloissa käytössä olevan NTSC-asetuksissa käytettävän pakkaustekni-

kan takia Yhdysvaltojen kuvanopeudet 30 ja 60 ovat oikeasti arvoiltaan 29.97 ja 59.97 k/s. Yksinkertaisuuden ja selkeyden vuoksi nopeudet pyöristetään lähimpiin kymmeneen ja puhutaan arvoista 30 ja 60. Eurooppalaiset kuvanopeudet vastaavat taas täsmällisesti omia arvojaan (Ascher & Pincus 1999, 12.)

Videokameroissa on myös mahdollista valita televisioon tarkoitettujen kuvanopeuksien lisäksi yleensä vaihtoehto 24 k/s. Tämä nopeus ei kuitenkaan suurimassa osassa normaaleja videokameroita vastaa filmikameran vastaavaa arvoa 24 k/s vaan on melkein poikkeuksetta aina 23.976 k/s. Kuvanopeus 23.976 (tai lyhennettynä 23.98) on Yhdysvaltoihin, televisiota varten luotu kuvanopeus. Tämä kuvanopeus löytyy kuitenkin sekä PAL- että NTSC-asetuksen alta, sillä se on lähellä aitoa, filmillä käytettävää 24 k/s -kuvanopeutta ja jäljittelee sitä. Ainoastaan ammattilaiskäyttöön tarkoitetuissa kalliimmissa digitaalisissa elokuvakameroissa tai perinteisissä filmikameroissa luku 24 k/s pitää paikkansa, muissa videokameroissa luku on 23.98 k/s (Apple Inc. 2013a, hakupäivä 22.8.2013.)

2.3.7 Värikoodaus eli PAL- ja NTSC-järjestelmät

Televisiolähetysten alkuaikoina lähetykset olivat mustavalkoisia ja signaali sisälsi ainoastaan mustavalkoista kuvainformaatioita. Värlähetyksissä pohjana taas on kolme värisignaalia, R, G ja B eli punainen, vihreä ja sininen, jonka avulla värit pystytään muodostamaan (Millerson 1999, 32).

Kun värijärjestelmiä alettiin kehittää, niin yksi edellytys oli, että vanhat mustavalkoiset televisiot pystyisivät edelleenkin muodostamaan mustavalkoisen kuvan saapuvasta signaalista. Sitä se ei kuitenkaan pystynyt tekemään suoraan värejä muodostavista RGB-värisignaaleista, minkä takia signaaleja piti muokata sopimaan mustavalkoisiin vastaanottajiin (Millerson 1999, 32.)

Seurauksena RGB-värit koodataan kahteen signaaliin, joista toinen sisältää luminanssiarvon (luminance, kirkkaus) ja toinen krominanssin (chrominance, väritiedon ja sävyn). Näin ollen myös mustavalkoinen televisio pystyy toistamaan lähetysten käyttämällä pelkkää luminanssitietoa. Eri väristandardit syntyivät siitä, kuinka eri maat alkoivat koodata kyseisiä arvoja. (Millerson 1999, 32.)

Väritelevisiolähetykset otettiin käyttöön Yhdysvalloissa 1900-luvun puolessa välissä. Yhdysvaltojen väristandardi, NTSC, saa nimensä standardia suunnitelleen National Television System Committee -komitean mukaan. Eurooppa seurasi muutama vuosikymmen perässä testaten ensin huolellisesti eri vaihtoehtoja värilähetyksille. Eurooppa päätyi käyttämään PAL-värijärjestelmää, joka tulee sanoista Phase Alternation (by) Line (Jack 2007, 257-281.) NTSC- ja PAL-järjestelmät ovat oikeastaan pelkästään värijärjestelmiä, mutta koska ne pohjautuvat oman alueensa mustavalkoisiin televisioihin, katsotaan niiden käsittävän sisäänsä myös muita oman alueensa asetuksia. NTSC-alueeseen sisältyy kuvanopeudet 30 ja 60 k/s sekä virkistystaajuus 60 Hz siinä missä PAL-alueeseen kuuluvat kuvanopeudet 25 ja 50 k/s sekä virkistystaajuus 50 Hz (Bambooav 2011, hakupäivä 22.8.2013; Silva 2013, hakupäivä 10.1.2013).

Pääasiallinen ero PAL- ja NTSC-värijärjestelmien välillä on se, miten värisignaalin lähetyksessä esiintyvien värisävyjen virheet korjataan. NTSC-standardi on teknisiltä ominaisuuksiltaan alttiimpi virheille, ja näiden sävyjen (tint control) korjaus tapahtuu manuaalisesti television kautta. PAL-järjestelmä tekee sen taas automaattisesti ja kestää virheitä helpommin (Misja.com 2013, hakupäivä 15.1.2013; Sewell Development Corporation 2013, hakupäivä 15.1.2013). Käytännössä siis NTSC-standardin värisignaalin pakkaus ja tekniset ominaisuudet ovat heikompia kuin PAL-standardin.

2.3.8 Skannausalue ja resoluutio

Skannausalue kertoo analogisen vakio- eli standardipiirtotekniikkaa (sd, standard definition) käyttävän analogisen television kuva-alueen koon. Resoluutio puolestaan digitaalisen, teräväpiirtotekniikkaa (hd, high definition) hyväksi käytävän television kuva-alueen koon. Resoluutio kerrotaan digitaalisten pisteiden, pikseleiden, määränä. Analogisissa televisiossa ei varsinaisesti ole pikseleitä, mutta ymmärrettävyyden takia mittasuhteista käytetään sanaa resoluutio ja mittasuhteet kerrotaan myös pikseleinä, vaikka ne oikeasti ovatkin vaakasuuntaisia kenttiä ja pystysuuntaisia fosforipisteitä (Atariarchives.org 2013, hakupäivä 2013).

Analogisten televisioiden kuva-alueen resoluutio on Yhdysvalloissa 720 x 525 pikseliä, joista 720 x 480 pikseliä on näkyvissä. Suomessa arvot ovat 720 x 625 pikseliä, joista näkyvissä on 720 x 576 pikseliä. ”Ylimenevät” arvot sisältävät muuta kuin kuvainformaatiota ja näin ollen niitä ei yleensä lasketa mukaan (Er-MaC and AbsoluteDestiny 2004, hakupäivä 10.8.2013). Näistä resoluutioista ensimmäinen luku kertoo horisontaalisen pikselimäärän ja jälkimmäinen sen, kuinka monta pystysuoraa kenttää kuvasta löytyy (Whirlpool.net.au 2013, hakupäivä 10.8.2013).

TAULUKKO 2. Television kuvakoot

KUVAKOKO	TELEVISIO	SD/HD	PAL/NTSC
720x525 (näkyvä 720x480)	analoginen	SD	NTSC
720x676 (näkyvä 720x576)	analoginen	SD	PAL
1280x720 (720i, 720p)	digitaalinen	HD	molemmat
1920x1080 (1080i, 1080p)	digitaalinen	HD	molemmat

Siinä missä analogisten televisioiden kuva-alueen koko vaihtelee sitä mukaan, ollaanko PAL- vai NTSC-alueella, digitaalisessa teräväpiirtotekniikassa käytettävät resoluutiot ovat joka puolella samat (taulukko 2). Ne ovat 720p (1280 x 720 pikseliä), 1080i (1920 x 1080 pikseliä) ja 1080p (1920 x 1080 pikseliä). Ensimmäisessä kuva koostuu 720 horisontaalisesta progressiivisesta kentästä ja jokainen horisontaalinen linja koostuu 1280 digitaalisesta pisteestä eli pikselistä. 1080i-tapauksessa 1080 interleisattua horisontaalista kenttää muodostavat kuvan 1920 pikselin kanssa. Viimeisessä tapauksessa horisontaaliset kentät ovat progressiivisia (Whirlpool.net.au 2013, hakupäivä 10.8.2013.)

2.3.9 PAL- ja NTSC-määrittely nykyään

PAL- tai NTSC-järjestelmistä puhuttaessa nykyään tarkoitetaan yleensä koko-

naisuutta, johon sisältyy kuvan virkistystaajuus, väristandardi ja kuvanopeus (Silva 2013, hakupäivä 10.1.2013).

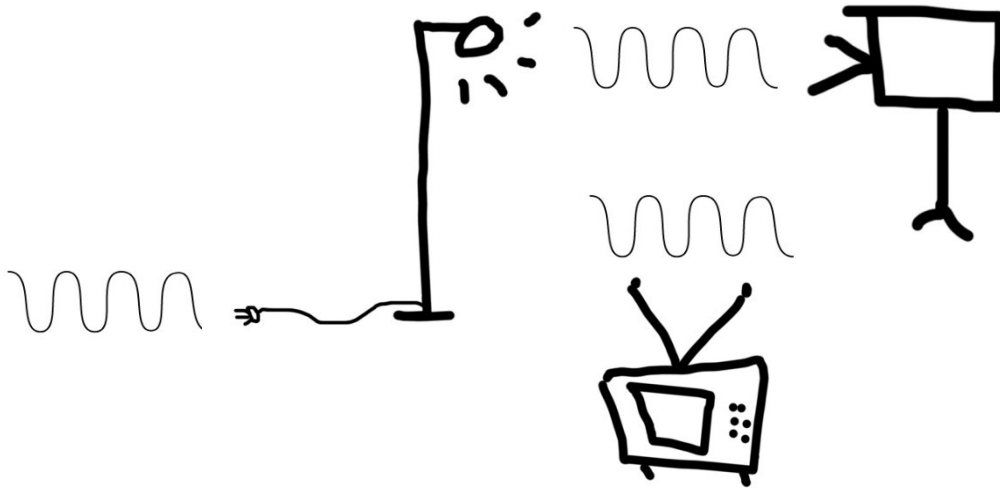
Aikaisemmin ensin mainittu kokonaisuus sisälsi myös kuva-alueen koon eli skannausalueen. Nykyään kuitenkin kuva-alueen koko riippuu siitä, puhutaanko (analogisesta) standardipiirtotekniikasta vai (digitaalisesta) teräväpiirtotekniikasta. NTSC- ja PAL-järjestelmät ovat teknisesti ottaen vanhoja analogisia televisio- ja videostandardeja, ja kun puhutaan NTSC- ja PAL-järjestelmistä, pitäisi puhua pelkästään analogisesta ajasta ja laitteista. Nykyään kuitenkin kyseiset termit kattavat myös digitaalisen aikakauden, sillä teräväpiirtotekniikka on ainoastaan kasvattanut kuvan kokoa, mutta ei ole yhdistänyt eri televisiostandardeja yhdeksi kokonaisuudeksi – edelleenkin Yhdysvalloissa on käytössä NTSC-järjestelmässä Yhdysvalloissa käytettävät kuvanopeudet, virkistystaajuudet ja väristandardit ja Euroopassa oman alueensa vastaavat ominaisuudet (Silva 2013, hakupäivä 10.1.2013). Kun puhutaan PAL-alueesta tai -arvosta, kattaa tämä siis sisäänsä 50 Hz:n virkistystaajuuden, 25 tai 50 k/s -kuvanopeuden sekä PAL-värijärjestelmän. Vastaavasti NTSC-alue tai -arvo kattaa sisäänsä 60 Hz virkistystaajuuden, 30 tai 60 k/s -kuvanopeuden ja NTSC-värikoodauksen. Tämän lisäksi kummankin alueen sisälle lasketaan myös 24 k/s -kuvanopeus.

2.4 Keinovalon välkkyminen ja videokameran asetukset

Videokameran asetukset, jotka vaikuttavat kuvan syntymiseen, ovat käytettävä aukko, suljinaika ja kuvanopeus. Kameran asetuksista sulkimen aukko on yhteydessä suljinaikaan, ja mikäli suljinaika-asetusta kamerasta ei löydy, voidaan suljinaika laskea sulkimen kulmasta.

Mikäli videokuvaa ei valoteta oikein, videokuva joko ali- tai ylivalottuu. Tämän lisäksi voi videokameran väärä valotus aiheuttaa valon välkkymistä. Valon välkkymiseen vaikuttavia tekijöitä kameran "ulkopuolella" ovat käytettävä lamputyyppi ja sähköalue, jossa ollaan. Tämän lisäksi välkyntään vaikuttaa alueen sähkönsyöttöverkon toiminta, sillä riippuen voimalaitoksen kapasiteetista, voi virkistystaajuus vaihdella jopa yhden prosentin välillä. Lamput voivat olla myös viallisia (Art 2009, hakupäivä 22.8.2013.)

Välkkymistä tapahtuu, mikäli videokameran asetukset eivät ole yhtenäiset valon virkistystaajuuden aaltoiluvälin kanssa (kuva 11).



KUVA 11. Sähkön aaltoilu vaikuttaa valon välkkymiseen

Adam Art toteaa artikkelissaan Rough Guide to Flicker Free HD Shooting, että tärkein tapa välkkymisen poistamisessa on käyttää oikeaa suljinaikaa. On käytettävä suljinaikaa, joka on yhteydessä lampun virkistystaajuuteen, sillä mikäli seinästä saatavan sähkön aaltoiluväli on eri kuin videokameran suljinnopeus, voi videokamera rekisteröidä eri tahtia aaltoilevan lampun. Art puhuu artikkelissaan absoluuttisista ja relatiivisista suljinajoista. Absoluuttinen suljinaika on nimetään täysinäinen luku, esimerkiksi 24 k/s -kuvanopeuden kanssa suljinaika $1/48$. Relatiivinen suljinaika merkitään asteilla, esimerkkinä 23.98 k/s -kuvanopeutta käytettäessä 180-sulkimen aukolla saatava arvo $1/47.96$. Hänen mukaansa valon välkkyminen estetään käyttämällä absoluuttisia suljinaikoja, sillä relatiiviset suljinajat eivät välttämättä luo turvallisia yhdistelmiä (2009, hakupäivä 22.8.2013.)

Hal Smithin mukaan välkkymistä ei synny, mikäli suljin on auki samaan aikaan kun sähkön aallon kaksi täyttä on/off-kierrosta täyttyvät (2011, hakupäivä 22.8.2013).

Blain Brownin mukaan valon välkkymiseen videokamerassa vaikuttavat käytettyä kameran kuvanopeus, sulkimen kulma sekä sähköön virkistystaajuus. Valon välkkyminen hänen mukaansa pystytään estämään seuraavilla arvoilla:

- 50 Hz – 25 k/s millä tahansa sulkimen kulmalla
 - 50 Hz – 24 k/s 170-175 asteen sulkimen kulmalla
 - 60 Hz – 24 k/s 144-180 asteen sulkimen kulmalla
- (2008, 24.)

Ensimmäisessä kohdassa (50 Hz – 25 k/s kuvanopeus millä tahansa sulkimella) ollaan PAL-alueella, jossa sähköön virkistystaajuus on 50 Hz ja kuvanopeus on 25 k/s. Seuraavassa kohdassa (50 Hz – 24 k/s 170 – 175 asteen sulkimen kulmalla) ollaan edelleenkin PAL-alueella, sillä sähköön virkistystaajuus on 50 Hz. Kuvanopeus on 24 k/s ja 170 – 175 sulkimen kulmalla suljinnopeuksien arvo pysyy 50 rajoissa vaihdellen 50,82:n ja 49,97:n välillä, mikä on lähellä PAL-alueen virkistystaajuutta. Viimeisessä kohdassa (60 Hz – 24 k/s 144 – 180 asteen sulkimen kulmalla) ollaan NTSC-alueella, sillä sähköön taajuus on 60 Hz. Tällöin kuvanopeuden 24 k/s ja 144 – 180 asteen sulkimen kulmalla suljinnopeus vaihtelee välillä 60 – 48.

Siinä missä Brownin suljinajan annetut arvot vaihtelevat viidenkymmenen lähis-töllä, Roger Deakingsin keskustelupalstalla pitäydytään tasaluvuissa ja todetaan sen estävän vilkkumisen. Keskustelupalstalla olevat kuvauksen ammattilaiset kommentoivat, että Britanniassa, jossa sähköön virkistystaajuus on 50 Hz, kuvattaessa kuvanopeudella 24 k/s on yleistä käyttää suljinaikaa 172.8, jolloin suljin-aika on tasan 50 Hz (lukearmstrong 2012, hakupäivä 20.8.2013.)

Flicker-Free Video Tutorial -sivun mukaan valon välkkyminen voidaan välttää kahdella tavalla, joko säätämällä kuvanopeutta, jolloin kuvanopeus vastaa vä-reilevän valon nopeutta tai säätämällä suljinaikaa, jolloin suljinaika vastaa värei-levän valon nopeutta. Sivuston mukaan Yhdysvalloissa kuvanopeudet 24 ja 30 k/s toimivat useimpien suljinnopeuksien kanssa johtuen lamppujen piirteestä kaksinkertaistaa aaltoilunopeutensa. Näin ollen, koska kuvanopeudet 24 ja 30 ovat jaollisia 120:llä (eli kaksi kertaa sähköön virkistystaajuus 60 Hz), ei välkky-

mistä tavallisesti synny (Red.com, Inc. 2013, hakupäivä 22.8.2013.) Myös Cinematographyn keskustelupalstan mukaan kaikilla 120:llä jaollisilla olevilla kuvanopeuksilla mitkä tahansa suljinajat ovat toimivia (Sprung 2011, hakupäivä 22.8.2013). Sama sääntö pätee myös PAL-alueella. PAL-alueella sähköön virkistystaajuus on 50 Hz ja 'tuplattu' aaltoiluväli 100. Kaikki sadalla jaolliset kuvanopeudet käyvät. Tämä selittää sen, miksi aikaisemmin mainitun Brownin mukaan 50 Hz:n alueella 25 k/s -kuvanopeudella kaikki sulkimen aukot ja suljinajat eivät aiheuta välkkymistä.

Cinematography-keskustelupalstan nimimerkin John Sprungin mukaan, mikäli joudutaan käyttämään alueen sähköjärjestelmiin sopimatonta, alueen virkistystaajuuteen ei-jaollista kuvanopeutta, kuten 25 kuvaa sekunnissa NTSC-alueella, laskukaava sulkimen kulmalle on seuraavanlainen: $(1/\text{kuvanopeus}) \times (A/360) = (N/\text{alueen virkistystaajuus} \times 2)$, jossa A on sulkimen kulma ja arvo N on muuttuja. N-arvot voivat olla yhdestä neljään, mutta eivät suurempia, sillä numerolla viisi sulkimen kulman olisi yli 360 astetta, mikä ei ole mahdollista. Laskukaavan

$$(1/25) \times (A/360) = (N/120)$$

$$A = 75 \times N$$

mukaan NTSC-alueella 25 k/s kuvanopeuden mahdolliset sulkimen kulmat olisivat näin ollen 75, 150, 225 ja 300. Suljinnopeudet olisivat siis 120, 60, 40 ja 30. Tosin tämän lisäksi Sprung toteaa testauksen olevan tarpeellinen, sillä hänen kokemuksien mukaan kaikki valot eivät toimi täysin sähkövirtojen mukaan (Sprung 2011, hakupäivä 22.8.2013.)

TAULUKKO 3. Canon-järjestelmäkameran testaaminen eri asetuksilla alueella, jonka sähköön virkistystaajuus on 50 Hz.

ASETUS	K/S	TULOS
PAL	25	valo ei välkkynyt millään suljinajalla
PAL	24	valo välkkyi kaikilla muilla paitsi 1/50 ja 1/100 suljinajalla (suljinajalla 1/30 valo välkkyi hyvin huomaamattomasti)
NTSC	24	valo välkkyi kaikilla muilla paitsi 1/50 ja 1/100 suljinajalla

		(suljinajalla 1/30 valo välkkyi hyvin huomaamattomasti)
NTSC	30	valo välkkyi kaikilla muilla paitsi 1/50 ja 1/100 suljinajalla
		(suljinajalla 1/30 valo välkkyi hyvin huomaamattomasti)

Monissa ammattilaisvideokameroissa, esimerkiksi Sony XDCAM EX -kamerassa, sulkimen asteen pystyy itse määrittelemään, mutta nykyään hyvin yleisissä järjestelmäkameroissa, kuten Canon 5D MII:ssä, voi säätää vain suljinaikaa.

Testasin itse omalla Canon 550D -järjestelmäkamerallani kuvanopeuksien ja suljinnopeuksien vaikutusta valon välkkymiseen PAL-alueella, ja tulokseni olivat yhtenäisiä aikaisempien teorioiden kanssa (taulukko 3). En kuitenkaan voi varmistaa tuloksia NTSC-alueella, sillä siellä en ole vastaavaa testiä päässyt tekemään. Testaaminen olisi kuitenkin hyödyllistä, sillä Creative Cown keskustelupalstan mukaan Canonin kohdalla suljinnopeuden vaihtaminen Yhdysvalloissa arvoon 1/60 PAL-asetuksen ollessa päällä ei auta välkkymisen poistamiseen, vaikkakin muissa videokameroissa tämän pitäisi onnistua (Amann 2013, hakupäivä 22.8.2013).

3 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Käytin tutkielmaa tehdessäni pääasiallisesti teoreettista tutkimusmenetelmää. Teoreettisessa tutkimusmenetelmässä tutkitaan aiheeseen liittyvää jo olemassa olevaa kirjallisuutta ja yritetään etsiä sen perusteella vastauksia tutkimuskysymyksiin sekä tehdä uusia johtopäätöksiä (Jyväskylän Yliopisto 2013, hakupäivä 11.8.2013). Käytin pääasiallisesti teoreettista tutkimusmenetelmää, koska aikaisempia tutkimustuloksia aiheesta oli runsaasti. En myöskään voinut toteuttaa tutkimuksiani empiirisesti ennen kuin sain selvitettyä teoriapohjan tutkittavaan asiaani.

Kun teoriapohjaa oli kertynyt tarpeeksi, testasin myös tutkielmani teorioiden tuloksia empiirisesti omalla järjestelmäkamerallani niissä puitteissa, jotka pystyin toteuttamaan. Empiirisessä tutkimusmenetelmässä tulokset saadaan havainnoida, mittaamalla ja tuloksia analysoimalla (Jyväskylän Yliopisto 2013, hakupäivä 11.8.2013).

Lähdekirjallisuutena käytin teoreettisessa tutkimuksissa audiovisuaalisen alan lähdekirjallisuutta sekä hain lisätietoa ja täydennystä Internetistä. Lähdekirjallisuus koostui omassa opinnäytetyössäni pääasiallisesti valokirjoista (Motion Picture and Video Lighting, Set Lighting Technician's Handbook, Lighting for Television & Film), videokuvausta ja -tekniikkaa käsittelevistä perusteoksista (Television Production, Shot by Shot, Video Demystified, The Filmmaker's Handbook, High Definition Cinematography) ja valokuvauskirjoista (The Manual of Photography, Digikuvaus ja kuvankäsittely). Internetlähteissä pyrin etsimään sivustoja, jotka olivat luotettavia.

Empiirisissä tutkimuksissa käytin hyväksi omaa järjestelmäkameraani ja testasin teoriapohjaa PAL-alueen puitteissa, sillä käytännön asioista johtuen testaukset Yhdysvalloissa ovat jälkikäteen hankalia toteuttaa välimatkojen takia.

4 ANALYYSI

Valon välkkyminen videokuvassa perustuu siihen, millä tavalla videokuva valotetaan joko kuvasensorille tai filmille. Välkkyminen on väärän valotuksen tuomaa häiriötä.

Videokamerassa valotukseen vaikuttavat suljinnopeus, sulkimen kulma ja kuvanopeus. Nämä asetukset vaihtelevat riippuen siitä, mitä kuvalta halutaan tai missä alueella kuvataan.

Videokamera, televisio ja lamput toimivat sähköllä. Pistokkeista tuleva sähkö on vaihtovirtaa, akuista tuleva tasavirtaa. Tasavirrassa sähkönsyöttö on tasaista, joten pudotuksia sähkönsyötössä ei tapahdu. Vaihtovirrassa taas pudotuksia tapahtuu. Vaihtovirrassa sähkön elektronit aaltoilevat edestakaisin. Aaltoilua mitataan hertseillä eli sillä, kuinka monta kertaa sähkön jännite ehtii nousta ja pudota sekunnissa. Kun jännite putoaa, sähkönsyöttö lakkaa hetkeksi. Puhutaan sähkön virkistystaajuudesta. Yhdysvalloissa sähkön virkistystaajuus on 60 hertsiä, Suomessa 50 Hz.

Lampuissa, jotka ottavat sähkönsä suoraan vaihtovirrasta, tämä tarkoittaa sitä, että ne syttyvät ja sammuvat sähkön aaltoiluvälin tahdissa. Ihmissilmä ei tätä yleensä havaitse, mutta elektroniset laitteet ovat tarkempia, mistä johtuu, että oikeissa olosuhteissa tämä syttyminen ja sammuminen, eli välke, näkyy. Useille lampuille tyypillistä on myös aaltoilla kaksi kertaa oman sähköverkkonsa virkistystaajuutta nopeammin, eli vaihtovirrassa olevien lamppujen virkistystaajuudet nousevat Euroopassa arvoon sata ja Yhdysvalloissa arvoon 120.

Videokameran ominaisuudet perustuvat television ominaisuuksiin. Näitä ovat muun muassa tietyt kuvanopeudet, värikoodaus ja virkistystaajuus. Televisiolle tyypilliset ominaisuudet ovat suoraan johdannaisia sähkön virkistystaajuuksista. Television virkistystaajuus on sama kuin oman alueensa virkistystaajuus, eli Yhdysvalloissa virkistystaajuuden ollessa 60 Hz on myös television virkistystaajuus 60 Hz. Suomessa sähkön virkistystaajuuden ollessa 50 Hz on myös televi-

sion virkistystaajuus sama.

Television synnyn myötä, sähköön virkistystaajuuden takia, syntyivät televisiolle tyypilliset uudet kuvanopeudet aikaisemman, filmikameran kuvanopeuden 24 k/s, rinnalle. Televisiota varten tehtyjen kuvanopeuksien oli oltava suoraan jaollisia television virkistystaajuuden kanssa, jotta kuva ei välkkyisi. Tämän seurauksena Eurooppaan, jossa sähköön ja näin ollen television virkistystaajuus on 50 Hz, syntyivät kuvanopeudet 25 ja 50 k/s, ja Yhdysvaltoihin, jossa sähköön ja näin ollen myös television, virkistystaajuus on 60 Hz, syntyivät kuvanopeudet 30 ja 60 Hz.

Väritelevisioiden värikoodaus on toteutettu Yhdysvalloissa ja Euroopassa eri tekniikoilla. Yhdysvalloissa käytössä on NTSC- ja Euroopassa PAL-värikoodaustekniikka. Koska NTSC- ja PAL-väriavaruudet pohjautuvat oman alueensa televisioiden ominaisuuksiin, kattavat ne myös tiedon tietyn alueen virkistystaajuudesta ja kuvanopeuksista. Toisin sanoen NTSC-termin alle kuuluu 60 Hz virkistystaajuus, 30 ja 60 k/s -kuvanopeus sekä NTSC-värikoodaustekniikka. PAL-alueeseen kuuluu PAL-värikoodauksen lisäksi 50 Hz:n virkistystaajuus sekä kuvanopeudet 25 ja 60 Hz.

Siihen, välkkyvätkö keinovalot videokuvassa, vaikuttavat kameran asetuksista suljinnopeus, sulkimen kulma ja kuvanopeus. Kameran asetuksista sulkimen aukko on yhteydessä suljinaikaan, ja mikäli suljinaika-asetusta kamerasta ei löydy, voidaan suljinaika laskea sulkimen kulmasta. Videokameroiden suljin on 360 asteen muotoinen ympyrä, joka pyörii koko ajan. Suljin pyörii sen takia, että koko ajan liikkeellä olevan videokuvan yksi kuva ehtisi valottua ilman, että sen viereiset kuvat valottuisivat samalla. Sulkimen ”ympyrästä” se osa, joka on avoinna ja päästää valon sisään, kertoo sulkimen kulman – esimerkiksi jos puolet ympyrästä on avoinna, on sulkimen kulma 180 astetta, sillä puolikkaan ympyrän asteluku on 180.

Kameran ulkopuolella olevat tekijät, jotka vaikuttavat siihen välkkyykö valo vai ei, ovat alueella olevan sähköön virkistystaajuus sekä käytössä olevat lamput. Valon välkkyminen videokuvassa voidaan estää valitsemalla kamerasta oikeat

asetukset suhteessa kuvattavan alueen sähköjärjestelmään. Kamerasta voidaan valita joko alueen lamppujen virkistystaajuudelle suhteessa oleva kuvanopeus tai mikäli kuvanopeus on ennalta päätetty, voidaan suljinaika sovittaa keinovalon aaltoiluvälille.

Kuvanopeutta säädettyäessä on kuvanopeuden oltava jaollinen valon virkistystaajuudelle. PAL-alueella, eli esimerkiksi Suomessa, kuvanopeuden tulee olla jaollinen sadalla, sillä sähkön virkistystaajuus Suomessa on 50 Hz ja lamppujen virkistystaajuus on tyypillisesti kaksinkertainen sähkönsyöttöön verrattuna. Yhdysvalloissa kuvanopeuden on oltava jaollinen sadalla kahdellakymmenellä, sillä NTSC-alueella sähkön taajuus on 60 Hz.

Mikäli kuvanopeus on jo ennalta säädetty, voidaan suljinaika laskea kaavalla $(1/\text{kuvanopeus}) \times (A/360) = (N/\text{alueen virkistystaajuus} \times 2)$, jossa A on sulkimen kulma ja arvo N on muuttuja. Muuttuja voi olla arvoltaan yhdestä neljään, mutta ei suurempi, sillä numerolla viisi sulkimen kulman asteeksi tulisi yli 360 astetta, mikä on mahdotonta. Oikea valotus voidaan laskea yllä olevilla kaavoilla tai netistä tähän varta vasten kehitettyjen sivustojen laskimilla.

Teoriassa valon välkkyminen voidaan estää videokuvassa myös keinovalot oikein valitsemalla, mutta usein tämä ei ole käytännöllistä. Esimerkiksi mikäli kuvataan dokumentaarista videota kaduilla, ei yleensä vallitsevaan keinovaloon, kuten katulamppuihin, pysty vaikuttamaan.

Syy siis siihen, miksi keinotekoinen valo välkkyi videokuvassa, kun kuvataan PAL-värijärjestelmällä Yhdysvalloissa on se, että PAL-alueella ja Yhdysvaltojen NTSC-alueella sähkön ja siitä seuraten myös näiden alueiden lamppujen sekä televisioiden virkistystaajuudet eroavat toisistaan. Lamput väreilevät PAL- ja NTSC-alueella eri tahdissa, minkä videokamera pystyy herkästi erottamaan, mikäli valon aaltoiluväli ei ole suoraan suhteessa joko kuvanopeuteen tai suljin aikaan. Valon välkkyamisen voi edellä mainittujen kaavojen perusteella estää taulukosta 4 esitetyillä asetuksilla.

TAULUKKO 4. Asetukset, joilla valon välkkyminen voidaan estää PAL- ja NTSC-alueilla

MAA	SÄHKÖ	KUVANOPEUS	SULKIMEN KULMA	SULJINAIKA
US	60 Hz	24, 30, 60	kaikki	kaikki
US	60 Hz	48	144, 288°	1/120, 1/60
US	60 Hz	25 (PAL)	75, 150, 225°	1/120, 1/60, 1/40
US	60 Hz	50 (PAL)	150, 300°	1/120, 1/60
FI	50 Hz	25, 50	kaikki	kaikki
FI	50 Hz	24	86.4, 172.8, 259.2°	1/100, 1/50, 1/33.3
FI	50 Hz	48	172.8, 345.6°	1/100, 1/50
FI	50 Hz	30 (NTSC)	108, 216, 324°	1/100, 1/50, 1/33.3
FI	50 Hz	60 (NTSC)	216°	1/100

Teoriassa tämä tarkoittaa sitä, että PAL-alueella voidaan kuvata NTSC-asetuksilla ja päinvastoin, mikäli videokuva on valotettu oikein. Käytännössä kuitenkin on syytä testata asetuksia ennen varsinaisia kuvauksia, sillä esimerkiksi sähköverkon kapasiteetti voi vaihdella käytön mukaan jopa yhden prosentin verran tai lamputta voi olla vikaa. Omien testauksieni perusteella Canonin järjestelmäkameralla pystyy kuvaamaan helposti ainakin PAL-alueella NTSC-asetuksilla, kuvanopeuksilla 30 ja 60 k/s kun käytetään suljinaikoja, jotka ovat yhtenäisiä PAL-alueen sähkövirtojen taajuuksiin. Myös sekä PAL- että NTSC-asetuksista löytyvän 24 k/s -kuvanopeuden suljinajat pitivät paikkansa taulukon tulosten mukaan.

5 POHDINTA

Tehdessämme opinnäytetyön produktio-osan Yhdysvalloissa kuvasimme dokumenttiamme teräväpiirtolaadulla, pääasiallisesti lomittamattomalla kuvatekniikalla, NTSC-asetuksilla, kuvanopeudella 24 kuvaa sekunnissa. Lähtiessämme matkaan olin säätänyt kamerat kuitenkin PAL-asetuksille kahdesta syystä. Ensimmäinen syy oli, että lähdimme Suomesta, joten jos mahdollista, halusin pitiäytyä Suomessa käytössä olevissa asetuksissa. Toinen syy oli PAL-standardin värikoodauksen parempi laatu. Teräväpiirtolaatuun päädyin sen takia, koska standardipiirtotekniikka on jo käytännössä katsoen historiaa. Sama pätee siihen, miksi valitsin progressiivisen kuvaustekniikan. Progressiivinen kuva muistuttaa myös enemmän elokuvamaisempaa kuvaa.

Yhdysvaltoihin lähtiessämme olin tietoinen siitä, että Yhdysvalloissa valolla on eri virkistystaajuus kuin Suomessa ja tämä voi aiheuttaa välkkymistä, mutta löydettyäni toisesta mukaan lähtevästä videokamerasta Flicker Reduce -toiminnon, jonka teoreettisesti piti poistaa välkkyminen silloisen tiedon mukaan, ajattelin kokeilla PAL-asetuksilla kuvaamisen mahdollisuutta. Yhdysvaltoihin saavuttuamme huomasin kuitenkin, ettei tämä toiminut. Vaihtamalla PAL-asetukset NTSC-asetuksiin sain katuvalojen välkkymisen häviämään. Valitsin samalla kuvanopeudeksi 24 k/s. Käytin kuvanopeutta 24 k/s siksi, koska jouduimme toimimaan sekä PAL- että NTSC-alueella enkä halunnut käyttää NTSC-asetuksille tyypillisempää arvoa 30 k/s. Sinällään kuvausasetuksen vaihdolla ei ollut suuria seuraamuksia, sillä pääjakelukanavamme oli Internet, mutta mielellään olisin PAL-asetuksen yllä mainittujen syiden takia valinnut. Tämän johdosta päädyin tutkimaan tarkemmin syitä siihen, miksi valo välkkyi siirryttäessä PAL-alueelta NTSC-alueelle ja miten sen voi välttää.

Tutkielmani tulosten valossa olen saanut selville, että ainakin teoriassa PAL-asetuksilla voi kuvata NTSC-alueella, mikäli suljinaika tai kuvanopeus on oikein säädetty. Asetukset löytyvät opinnäytetyön analyysi-osiosta. Oman käden tutkimustietoa tästä ei kuitenkaan ole, sillä en itse ole kuvannut Yhdysvalloissa niillä PAL-asetuksilla, jotka estävät valon välkkymisen. Testasin kuitenkin onnistu-

neesti kuvaamista NTSC-asetuksilla PAL-alueella järjestelmäkamerallani, joten tähän liittyvät asetukset ainakin toimivat.

Mitä tulee tutkimusten tuloksiin, niin uskon, että ainakin ammattikäyttöön suunnattujen videokameroiden kanssa oikeat asetukset toimivat. Esimerkiksi omassa tapauksessani se, miksi Sonyn Flicker Reduce-toiminto ei toiminut, johtui siitä, että muut asetukset kamerassa eivät vastanneet Yhdysvalloissa olevaa virkistystaajuutta. Mikäli lähtisin uudestaan kuvaamaan Yhdysvaltoihin, pohtisin myös Creative Cown keskustelupalstalla väitettä siitä, ettei Canonin järjestelmäkameralla pysty kuvaamaan Yhdysvalloissa PAL-asetuksella 1/60 suljinnopeudella. Luultavasti järjestelmäkameroilla pystyy kuvaamaan PAL-asetuksilla NTSC-alueella yhtä hyvin kuin ammattilaisten videokameroilla, vaikka aina mahdollisuus on, että se ei jostain syystä onnistu. Creative Cown tapauksessa järjestelmäkamerassa valo on voinut välkkyä esimerkiksi sen takia, että sähkön lähde tai lamppu on ollut huono. En kuitenkaan täysin sulkisi pois mahdollisuutta, että väite pitää paikkansa. Joka tapauksessa aina olisi syytä testata valon välkkyminen ennen varsinaisia kuvauksia, sillä kuten tutkielmassani toin esille, esimerkiksi lamppu voi olla huonokuntoinen tai alueen sähkökapasiteetti epätsainen.

Yllättävin tulos tutkielmaa tehdessäni oli huomata, miten laaja vaikutus alueella olevan sähkön virkistystaajuudella on. Sen lisäksi, että vaihtovirran virkistystaajuus vaikuttaa lampun välkkeeseen, syntyivät sen pohjalta myös uudet kuvanopeudet televisioon. Toinen mielenkiintoinen tieto oli LED-valojen vaihtelevuus riippuen siitä, miten laadukas valo on. En myöskään erityisemmin ajatellut valojen himmentämisen vaikutusta välkkymiseen, vaikka näin jälkikäteen ajateltuna se on varsin loogista.

Kaiken kaikkiaan olen tyytyväinen saatuari selvitettyä itselleni, miksi valo välkky eri asetuksia käyttäessä ja miten sen voi välttää. On myös hyvä tietää, että valon välkkymiseen voi kamerassa vaikuttaa joko kuvanopeudella tai suljinajalla, sillä tämä tieto jättää valinnanvaraa taiteellisia tai teknisiä kuvausvalintoja tehdessä.

LÄHTEET

Amann, F. 2013. 5d's Achilles' heel? Bizarre, horrible flicker while shooting PAL. hakupäivä 22.8.2013, <http://forums.creativecow.net/thread/280/2910>.

Apple Inc. 2013a. Final Cut Pro 7 User Manual: Choosing a Frame Rate. hakupäivä 22.8.2013, <http://documentation.apple.com/en/finalcutpro/usermanual/index.html#chapter=D%26section=4%26tasks=true>.

Apple Inc. 2013b. Final Cut Pro 7 User Manual: Scanning Method. hakupäivä 22.8.2013, <http://documentation.apple.com/en/finalcutpro/usermanual/index.html#chapter=C%26section=9%26tasks=true>.

Art, A. 2009. Rough Guide to Flicker-Free HD Shooting. hakupäivä 22.8.2013, http://videocoalition.com/aadams/story/rolling_shutter_and_flickering_hmis/.

Ascher S. & Pincus E. 1999, The Filmmaker's Handbook A Comprehensive Guide For Digital Age. Uud.p. New York: Plume (Penguin Putnam Inc.).

Atariarchives.org. 2013. How a TV Works. hakupäivä 2013, http://www.atariarchives.org/creativeatari/How_a_TV_Works.php.

Axis Communications AB. 2013. Resolutions. hakupäivä 10.8.2013, http://www.axis.com/products/video/about_networkvideo/resolution.htm.

Bain, S. 2009. Alternating current (AC) and direct current (DC): A simple explanation. hakupäivä 10.1.2013, <http://www.helium.com/items/1345340-acdc>.

Bambooav 2011. NTSC and PAL video broadcasting standards. hakupäivä 22.8.2013, <http://www.bambooav.com/ntsc-and-pal-video-standards.html>.

Berger, S. 2008. Everything You Need to Know About Camera Sensors. hakupäivä 20.8.2013, <http://www.hardwaresecrets.com/article/Everything-You-Need-to-Know-About-Camera-Sensors/660>.

Broderick, J. 2013. The LED Dimming Dilemma. hakupäivä 22.8.2013, <http://ecmweb.com/lighting-amp-control/led-dimming-dilemma>.

Brown, B. 2008. Motion Picture and Video Lighting. 2. painos. Oxford: Elsevier, Inc.

Burley, S. 2009. Tips for Working With Shutter Speed. hakupäivä 4.1.2013, <http://www.brighthub.com/multimedia/video/articles/45857.aspx>.

Cambridge University Press 2013. Film. hakupäivä 30.6.2013, http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/film_1.

Canon Oy 2013. FAQ: Väri- ja sähköjärjestelmät eri puolilla maailmaa (jännitteet ja virtapistokkeet). hakupäivä 13.1.2013, <http://www.canon.fi/Support/System/Search.aspx?TcmUri=tcm:22-777634>.

Cantine J., Howard S. & Lewis B. 2000. Shot By Shot A Practical Guide to Filmmaking. 3. painos. Pittsburg: Pittsburg Filmmakers.

Dawson, R. 2010. The 180s of Filmmaking: Part 2 – The Most Commonly Broken Rule. hakupäivä 22.8.2013,
<http://daredreamermag.com/2010/11/07/the-180s-of-filmmaking-part-2-the-most-commonly-broken-rule/>.

Elokuvantaju. 2013. Suljin. hakupäivä 4.1.2013,
<http://elokuvantaju.uiah.fi/oppimateriaali/kuva/suljin.jsp>.

ErMaC and AbsoluteDestiny 2004. Video Basics - Television Video, Digital Video, Resolutions, Framerates, and Aspect Ratios. hakupäivä 10.8.2013,
<http://www.animemusicvideos.org/guides/avtech/video1.htm>.

Exposure Guide 2013. Exposure Understanding Exposure -ISO, Aperture and Shutter Speed Explained. hakupäivä 7.1.2013,
<http://www.exposureguide.com/exposure.htm>.

Farlex, Inc. 2013. moving picture. hakupäivä 22.8.2013,
<http://www.thefreedictionary.com/moving+picture>.

Frequency, 2012. hakupäivä 13.1.2013, <http://www.bcae1.com/frequncy.htm>.

Haslego, C. 2010. Chemistry of Photography. hakupäivä 20.8.2013,
<http://www.cheresources.com/content/articles/other-topics/chemistry-of-photography>.

Hartman, JD. 2013. LED Flicker. hakupäivä 22.8.2013,
<http://www.cinematography.com/index.php?showtopic=49603>.

Howe, D. 2010. Video Definition. hakupäivä 22.8.2013,
<http://dictionary.reference.com/browse/video>.

isaac 2013. How to Make Video Look Like Film. hakupäivä 22.8.2013,
<http://zeroone.com/video-production/how-to-make-video-look-like-film/>

Jack, K. 2007. Video Demystified A Handbook for the Digital Engineer. 5.painos.
Oxford: Elsevier, Inc.

Jacobson, R., Ray S., Attridge, G. & Axford, N. 2006. The Manual of
Photography Photographic and Digital Imaging. Oxford: Elsevier Ltd.

Jeppsen, M. 2007. Shutter Speed vs. Shutter Angle. hakupäivä 20.8.2013,
http://videocoalition.com/freshdv/story/shutter_speed_vs_shutter_angle/.

Jyväskylän Yliopisto. 2013. Empiirinen tutkimus. hakupäivä 11.8.2013,
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/empiirinen-tutkimus>.

Jyväskylän Yliopisto. 2013. Teoreettinen tutkimus. hakupäivä 11.8.2013,
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/teoreettinen-tutkimus>.

Leofoo 2000. Photography The Resource Page. hakupäivä 7.1.2013,
<http://www.mir.com.my/rb/photography/fototech/apershutter/shutter.htm>.

Leone, J. 2013. What Causes Flickering in Fluorescent Light Bulbs? hakupäivä
22.8.2013, http://www.ehow.com/facts_6048822_causes-flickering-fluorescent-light-bulbs_.html.

Lowe, D. 2013. Electronics Basics: The History of AC/DC Current Wars.
hakupäivä 10.1.2013,
<http://www.dummies.com/how-to/content/electronics-basics-the-history-of-acdc-current-war.html>.

lukearmstrong 2012. Skyfall Shutter angle 172.8°. hakupäivä 20.8.2013,
<http://www.rogerdeakins.com/forum2/viewtopic.php?f=7&t=1956>.

Macmillan Publishers Limited 2013a. moving. hakupäivä 30.6.2013,
<http://www.macmillandictionary.com/us/dictionary/american/moving>.

Macmillan Publishers Limited 2013b. moving picture. hakupäivä 30.6.2013,
<http://www.macmillandictionary.com/us/thesaurus/american/moving-picture>.

McClelland D. & Eismann K. 2002. Digikuvaus & kuvankäsittely. Helsinki: Edita Oyj.

Merriam-Webster, Incorporated 2013. image. hakupäivä 30.6.2013,
<http://www.merriam-webster.com/dictionary/image>.

Miller, M. 2009. Analog Versus Digital TV: What's the Difference? hakupäivä 10.8.2013,
<http://www.quepublishing.com/articles/article.aspx?p=1245329&seqNum=2>.

Millerson, G. 1999. 13.painos. Television Production. Unkari: Elsevier, Inc.

Misja.com 2013. PAL & NTSC & SECAM. hakupäivä 15.1.2013,
<http://www.filmbug.com/dictionary/pal-ntsc.php>.

MobileBurn.com & MAS Media Inc. 2013. What is "frame rate"? hakupäivä 30.6.2013, <http://www.mobileburn.com/definition.jsp?term=fps>.

Motiva Oy 2013a. Hehkulamppu. hakupäivä 22.8.2013, <http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/hehkulamppu/>.

Motiva Oy 2013b. Lampputyypit. hakupäivä 22.8.2013, <http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/>.

National Academy of Engineering 2013. Electrification History 3 - AC or DC? hakupäivä 9.6.2013, <http://www.greatachievements.org/?id=2992>.

Notohamiproj, H. 2013. Why does flicker matter? hakupäivä 22.8.2013, <http://www.edn.com/electronics-blogs/ssl-and-backlighting/4399628/Why-Does-Flicker-Matter->.

Oxford University Press 2013. Definition of video in English. hakupäivä 14.7.2013, <http://oxforddictionaries.com/definition/english/video>.

Pasman, H. 2010. Electricity. hakupäivä 3.1.2013, <http://www.henkpasman.com/id12.html>.

Preston, S. 2011. What is the Highest Frame Rate the Human Eye Can Perceive? hakupäivä 30.6.2013, <http://www.cameratechnica.com/2011/11/21/what-is-the-highest-frame-rate-the-human-eye-can-perceive/>.

Pulera, J. 2009. The Great Debate - NTSC HD vs. PAL HD. hakupäivä 10.1.2013, <http://www.sharbor.com/tutorials/1674.html>.

Red.com, Inc. 2013. Flicker-Free Video Tutorial. hakupäivä 22.8.2013, <http://www.red.com/learn/red-101/flicker-free-video-tutorial>.

Romano, F. 2012. The history of frame rates; why speeds vary. hakupäivä 22.8.2013, <http://vanillavideo.com/blog/2012/history-frame-rates-why-speeds-vary>.

Rowse, D. 2012. ISO Settings in Digital Photography. hakupäivä 20.8.2013, <http://digital-photography-school.com/iso-settings>.

Sewell Development Corporation 2013. PAL to NTSC Guide. hakupäivä 15.1.2013, <http://sewelldirect.com/articles/pal-to-ntsc.aspx>.

Silva, R. 2013. Why NTSC and PAL Still Matter With HDTV. hakupäivä 10.1.2013, <http://hometheater.about.com/od/televisionbasics/qt/ntscpalframes.htm>.

Smith, H 2011. 172.8° vs. 180° shutter angle 2011. hakupäivä 22.8.2013, <http://www.cinematography.com/index.php?showtopic=52927>.

Sprung, J. 2011. frame rate/ shutter angle for flicker free images (first time shooting in the US). hakupäivä 22.8.2013, <http://www.cinematography.com/index.php?showtopic=50215>.

TK nr. 14 2001. Elokuvan ja television kuvanopeudet. hakupäivä 10.1.2013,
<http://tieku.fi/kysy-meilta/elokuvan-ja-television-kuvanopeudet>.

Torres, M. 2013. Digital TV Frequently Asked Questions for Digital Television (Digital TV). hakupäivä 10.8.2013,
<http://tv.about.com/od/cableandsatellitetelevision/a/digitalmyths.htm>.

Trappe, F. 2013. Television Standards -formats and techniques. hakupäivä 22.8.2013, http://www.paradiso-design.net/videostandards_en.html.

Vujovick, L. 1998. Tesla Biography. hakupäivä 8.1.2013,
<http://www.teslasociety.com/biography.htm>.

Whirlpool.net.au 2013. HD and SD resolutions. hakupäivä 10.8.2013,
http://whirlpool.net.au/wiki/htf_dtv_hdsd.